


Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»




Политехнический институт
Кафедра «Робототехника и техническая кибернетика»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
 Г. Б. Масальский
подпись инициалы, фамилия
« 22 » 06 2016 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

15.03.06 «Мехатроника и робототехника»

Разработка системы управления манипулятором МРК

Руководитель	 <u>23.06.16</u> подпись, дата	<u>доцент, к.т.н.</u> должность, ученая степень	<u>А. Н. Сочнев</u> инициалы, фамилия
Выпускник	 <u>23.06.16</u> подпись, дата		<u>А.Р. Кулиев</u> инициалы, фамилия
Нормоконтролёр	<u>23.06.16</u> подпись, дата		<u>В.Н. Куликова</u> инициалы, фамилия

Красноярск 2016

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР – 15.03.06 ПЗ

Лист

2

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт

Кафедра «Робототехника и техническая кибернетика»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Г. Б. Масальский

подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2016 г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы**

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
						3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Студенту Кулиеву Артуру Рауфовичу

Группа ФЭ 12-08 Направление (специальность) 15.03.06 (Мехатроника и робототехника)

Тема выпускной квалификационной работы «Разработка системы управления манипулятором МРК»

Утверждена приказом по университету № 4593/с от 4.04.2016

Руководитель ВКР А. Н. Сочнев., канд. техн.наук., доц. Каф. РиТК

Исходные данные для ВКР:

Манипулятор Электроника НЦ ТМ-01, документация на манипулятор.

Перечень разделов ВКР

Глава 1 – Описание объекта автоматизации

Глава 2 – Проектирование пневматической системы захватного устройства

Глава 3 – Модернизация механической части ММРТК

Глава 4 – Разработка программного обеспечения системы технического зрения для захватного устройства робота-манипулятора

Глава 5 – Модернизация системы управления манипулятором

Глава 6 – Экспериментальное исследование

Глава 7 – Учебное-методическое обеспечение

Глава 8 – Техничко-экономическое обоснование

Глава 9 – Безопасность и экологичность проекта

Перечень графического или иллюстративного материала с указанием основных чертежей, плакатов, слайдов

Лист 1 – Промышленный робот «Электроника НЦ ТМ-01»

Лист 2 – Модели конструкции в SolidWorks

Лист 3 – Схема электрическая принципиальная

Лист 4 – Общая схема функционирования управляющей программы

Лист 5 – Структурная схема системы управления манипулятором «Электроника НЦ ТМ – 01»

Лист 6 – Техничко-экономическое обоснование проекта

Руководитель ВКР

_____ (подпись)

А. Н. Сочнев

(инициалы и фамилия)

Задание принял к исполнению

_____ (подпись)

А. Р. Кулиев

(инициалы и фамилия студента)

« ____ » _____ 2016 г.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка системы управления манипулятором МРК» содержит 92 страницы текстового документа, 4 приложения, 20 использованных источников, 6 листов графического материала.

ЭЛЕКТРОПРИВОД, ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ, ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА, СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ, МАНИПУЛЯТОР, ПРОМЫШЛЕННЫЙ РОБОТ, МОБИЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС, ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗРЕНИЕ.

Цели проекта:

- ознакомиться с документацией манипулятора «Электроника НЦ ТМ-01»;
- выявить и заменить вышедшие из строя элементы конструкции;
- доработать систему управления на основе современных средств автоматизации;
- привести модернизацию механической части манипулятора на модели в среде SolidWorks;
- доработать принципиальную и функциональную схемы;
- провести испытания работы датчиков манипулятора;
- разработать программное обеспечение для технического зрения манипулятора;
- включить робота в состав мобильного комплекса, установив его на мобильную платформу.

В ходе дипломного проектирования была осуществлена модернизация манипулятора с целью установки его на мобильную платформу, исследована инертность по перемещению осей, переработаны электрическая и функциональная схемы, доработана система управления, созданы модели в пакете SolidWorks.

Был доработан механизм поворотной оси, появилась возможность вращения робота на 180° .

Сформировано группового управление тремя приводами робота, а также возможность плавной регулировки скорости.

На основе созданных моделей была проведена модернизации механической части манипулятора.

В итоге был доработана система управления манипулятора, при помощи которого возможно решать, как практические задачи, так и заниматься дальнейшим исследованием и доработкой конструкции с целью добавлять дополнительные функции и возможности.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 Описание объекта автоматизации	8
1.1 Манипулятор Электроника НЦ ТМ-01	12
1.2 Постановка задачи модернизации	20
2 Проектирование пневматической системы захватного устройства.....	21
2.1 Разработка системы управления. Выбор оборудования	22
2.2 Разработка управляющей программы.....	26
3 Модернизация механической части ММРТК.....	29
3.1 3D моделирование в SolidWorks.....	29
3.2 Моделирование технологического процесса в САМ системе Delcam	30
4 Разработка программного обеспечения системы технического зрения для захватного устройства робота-манипулятора	35
4.1 Описание объекта разработки.....	35
4.2 Требования к разрабатываемой системе.....	39
4.3 Выбор и обоснование метода распознавания контуров	40
4.4 Разработка метода контурного анализа	40
4.5 Разработка программного обеспечения системы технического зрения ...	42
5 Модернизация системы управления манипулятором	48
5.1 Структурная схема системы управления манипулятором.....	48
5.2 Разработка принципиальной электрической схемы	49
5.3 Общая функциональная схема управления манипулятором	50
6. Экспериментальное исследование (траектория, задача что сделать, анализ)	52
7 Учебное-методическое обеспечение	54
8 Техничо – экономическое обоснование проекта	58
8.1 Экспертный анализ объектов разработки	58
8.2 Расчет стоимости модернизации манипуляционного робота	62
8.3 Расчет фонда заработной платы разработчикам.....	63
8.4 Расходы на аренду помещения	64
8.5 Затраты на электроэнергию	67
8.6 Амортизационные отчисления	68
8.7 Расчет сметы затрат на модернизацию МР	69

9 Безопасность и экологичность проекта	70
9.1 Безопасность оборудования	70
9.2 Безопасность элементов конструкции	72
9.3 Безопасность исходных материалов	73
9.4 Механизация и автоматизация технологических операций	73
9.5 Безопасность органов управления.....	73
9.6 Безопасность средств защиты, входящих в конструкцию	74
9.7 Безопасность при монтажных и ремонтных работах	74
9.8 Безопасность при транспортировке и хранении	75
9.9 Безопасность при размещении.....	75
9.10 Требования безопасности к профессиональному отбору	75
9.11 Пожарная безопасность	76
9.12 Контроль выполнения требований безопасности	76
9.13 Безопасность при чрезвычайных ситуациях	76
9.14 Экологическая безопасность исходных материалов	76
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	36
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	77
ПРИЛОЖЕНИЕ А (Обязательное) Схема электрическая принципиальная	79
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (Обязательное) Код управляющей программы манипулятора	79
ПРИЛОЖЕНИЕ В (Обязательное) Код управляющей программы для технического зрения в среде Matlab.....	90
ПРИЛОЖЕНИЕ Г (Обязательное) G - Код управляющей программы	91

ВВЕДЕНИЕ

Каждая современная организация, работающая в условиях рынка, объективно нуждается в современном и высококачественном оборудовании которым в данный момент являются различного рода роботизированные комплексы. Такие комплексы должны быть технологичны, автоматизированы и должны состоять из легкозаменяемых элементов - это позволит им эффективнее, то есть качественнее и быстрее, выполнять свои функциональные обязанности. Это выгодно и организации, и работникам, причем не только экономически: высокотехнологичное оборудование, не имеющее аналогов, является еще и брендом организации, который в значительной степени формирует ее имидж, определяя, в конечном счете, и успех ее деятельности, конкурентоспособность на рынках товаров и услуг.

Но обеспечение высокотехнологичным оборудованием это только часть работы. Сегодня мало разработать оборудование, которое будет удовлетворять всем требованиям для выполнения конкретных задач, важно еще создать условия и возможности для работы роботизированных комплексов в более широком спектре. Этого требуют современные экономические условия, постоянно возрастающие требования к уровню автоматизации, надёжности и безопасности современного оборудования.

Мобильные комплексы, как правило, состоят из мобильной платформы (мобильный колесный или гусеничный робот), выдвижной «руки» (робот-манипулятор) и автоматизированной системы управления с двумя уровнями: нижний – для управления непосредственно приводами и исполнительными механизмами и верхний – для управления комплексом в целом, решая задачи планирования передвижения или же автоматизации технологических процессов.

Проблематикой данного дипломного проекта является автоматизация мобильного комплекса, заключающаяся в выполнении заданных функций или операций без участия человека, а ролью человека было бы лишь задание исходных данных, выборе алгоритма (метода решения) и анализ полученных результатов.

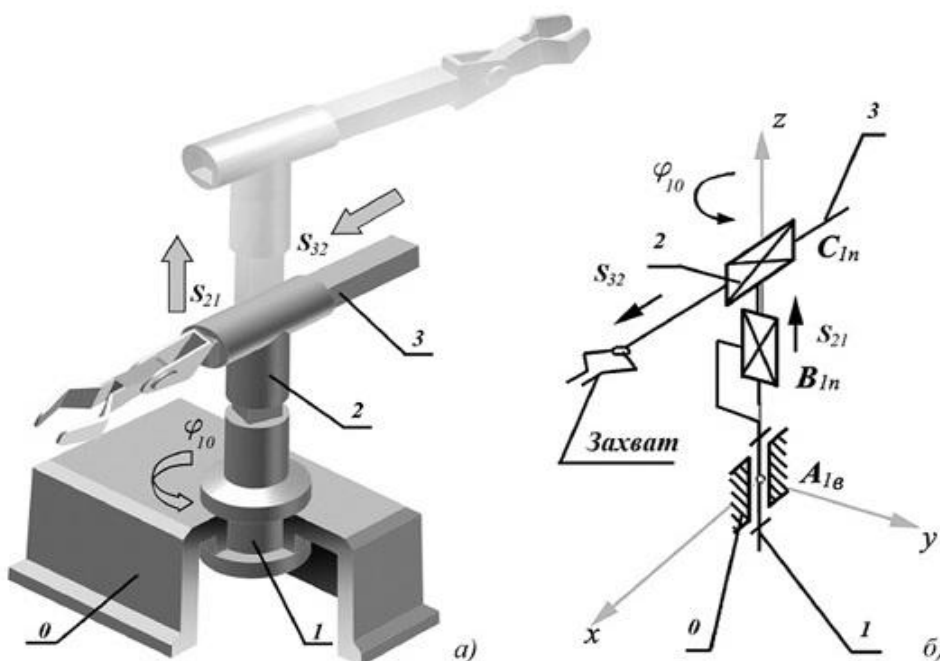
1 Описание объекта автоматизации

Производственный робот – это комплекс, в состав которого входит манипулятор и автоматизированная система управления, обеспечивающая «умную» работу агрегата и позволяющая перепрограммировать его в достаточно широких пределах. Обычно роботы являются компонентом автоматических производственных линий. Это экономически выгодно, так как существенно повышает производительность труда.

Чаще всего под понятием «промышленный робот» подразумевают манипулятор – именно он считается основным компонентом системы. Следует отметить, что роботы разнятся в первую очередь в назначении (типе работы, под которую «заточен» робот), и типе конструкции манипулятора. В зависимости от задачи, которую должен выполнять робот, применяются различные виды конструкций.

Основные конструкции манипуляторов:

Декартовы (картезианский и порталные) промышленные роботы манипуляторы. Эта конструкция основана на системе координат, разработанной философом Р. Декартом. Она состоит из нескольких линейных осей перемещения, расположенных строго перпендикулярно друг другу.



а – структурная; б – кинематическая

Рисунок 1.1 – Схемы декартового манипулятора

Картезианская конструкция – самый простой вариант стационарной системы. Благодаря малому количеству шарниров и сочленений такая система обеспечивает высокую жёсткость конструкции, что при точных работах (сверление, сварка, резка, склейка) даёт высокие показатели точности. К примеру, роботы, выпускаемые фирмой Shibaura, при длине рабочего хода 2500

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

мм, способны точно повторять однотипные движения в пределах 0.05 мм. Одно время простота в программировании считалась плюсом этого типа робота, однако теперь изготовители предлагают готовое ПО для управления и обработки данных, и это преимущество теряет свою ценность. Простота конструкции обуславливает низкую стоимость оборудования, и это также является плюсом.

Минусы данной конструкции – не самая удобная форма обслуживаемого пространства, низкое соотношение обслуживаемого и занимаемого роботом пространств, существенно ограниченные возможности ориентирования инструмента, и как следствие, невозможность выполнения работ в местах с ограниченным доступом.

Промышленные роботы манипуляторы SCARA. Недочёты декартовых манипуляторов вынудили инженеров начать разработку более гибких систем. В результате в 1981 – м году фирмы SankyoSeiki, Pentel и NEC предоставили миру новую концепцию сборочного манипулятора. Агрегат назывался «сборочная роботизированная рука с избирательной гибкостью» (Selective Compliance Assembly Robot Arm), или сокращённо – SCARA. Эта аббревиатура получила широкое распространение для обозначения роботов этого типа.



Рисунок 1.2 – Роботы манипулятора SCARA

Манипуляторы СКАРА обладают высокой жесткостью по вертикальной оси и гибкостью по горизонтальным осям. Главным преимуществом данной конструкции является параллельное соединение сочленений манипулятора, в результате чего «рука» может достаточно свободно двигаться по горизонтали, сохраняя при этом вертикальную жёсткость. Это полезно, если требуется сверление или штамповка строго по вертикальной оси. Этим объясняется словосочетание «избирательная гибкость» в названии робота. Использование манипуляторов СКАРА особенно выгодно при сборке узлов, где робот должен вкладывать в круглые отверстия круглые стержни, не соединяя их. Немаловажно, что конструкция, состоящая из двух звеньев, может вытянуться, распрямив «локоть», а может свернуться, освободив занимаемое пространство. Это удобно при установке новых (демонтаже старых) станков в рабочей зоне с ограниченным пространством, и во время работы, когда детали перемещаются из одного производственного модуля в другой.

Параллельные промышленные роботы манипуляторы. В промышленности часто встречаются операции, где робот должен взять деталь, перенести в нужном направлении и опустить в другое место. Для выполнения таких операций были придуманы параллельные стержневые роботы. Суть такова: к базовой установке крепятся 3 «руки», соединенные параллельно, образуя кинематическую схему параллелограмма (это такая схема, при которой 2 параллельно соединённых рычага двигаются синхронно, корректируя направление друг друга; пример такой системы – спица зонтика). Особенностью этой системы является то, что выходное звено связано с базой несколькими кинематическими цепями, которые параллельно сообщают инструменту движение. В результате в каждой кинематической цепи есть свободные от приводов сочленения, на которые можно установить различные датчики, а также дополнительные приводы. Такой механизм позволяет параллельно управлять скоростью и усилием выходного звена по одной координате. Параллельная структура обладает высокой точностью, что позволяет использовать манипулятор для выполнения операций, требующих высокой точности (измерительные работы, лазерная обработка). Манипулятор имеет малый вес, потому способен работать на сверхбыстрых скоростях.



Рисунок 1.3 – Параллельные роботы манипуляторы

В настоящее время широко распространены аппараты, объединённые под общим названием «дельта-роботы». Такое название они получили благодаря особенности конструкции. Эти механизмы были сконструированы для высокоскоростного манипулирования предметами с небольшим весом. Первый дельта-робот был представлен в 1980 году Р. Клавелом, сотрудником Федеральной политехнической школы в Лозанне. Новинку высоко оценили специалисты, и многие крупные фирмы-производители купили права на её использование.

«Дельта-робот» – типичная параллельная конструкция. 3 манипулятора, приводимые в движение карданной передачей, крепятся к базе, расположенной вверху в виде подвесной конструкции; сходящиеся внизу манипуляторы соединены небольшой треугольной платформой, которая во время работы смещается по осям X , Y или Z , а центральный, четвёртый рычаг даёт дополнительную степень свободы – вращательную. Благодаря тому, что

приводы установлены в основании базовой конструкции, а «руки» выполнены из лёгкого композитного материала, робот может совершать до 150 захватов в минуту. Чаще всего такие роботы используются для упаковки и сортировки изделий.

Шарнирные промышленные роботы манипуляторы. Этот тип манипулятора по принципу действия напоминает человеческую руку. В системе присутствуют не менее трёх поворотных соединений, которые образуют полярную систему координат. Основные шарниры обеспечивают поворот манипулятора, наклон в плечевом соединении и сгибание в локте; ещё 3 поворотные оси и 1 призматическое сочленение обеспечивают дополнительные степени свободы (крен, тангаж, рысканье), что позволяет руке выбирать любые направления и свободно вытягиваться по радиусу в любом направлении.

Отличительная черта данной конструкции – очень высокая гибкость, позволяющая роботу обходить любые препятствия. Рука может принять любое положение внутри обслуживаемой зоны. Шарнирная конструкция находит применение в самых разных областях промышленности, например, «рука» со сварочной головкой манипулирует ею так же, как это делает человек. Траекторию движения и углы ориентации сварочной головки можно менять как угодно, тем самым добиваясь высокого качества сварки практически в любых положениях. Шарнирный манипулятор позволяет выполнять дуговую сварку даже в самых труднодоступных местах. Кроме того, робот этого типа достаточно компактен, и обслуживаемая им зона гораздо больше, чем занимаемое роботом место. Примечательно также, что несколько роботов могут координировано взаимодействовать друг с другом, что повышает производительность в условиях стеснённого рабочего пространства.

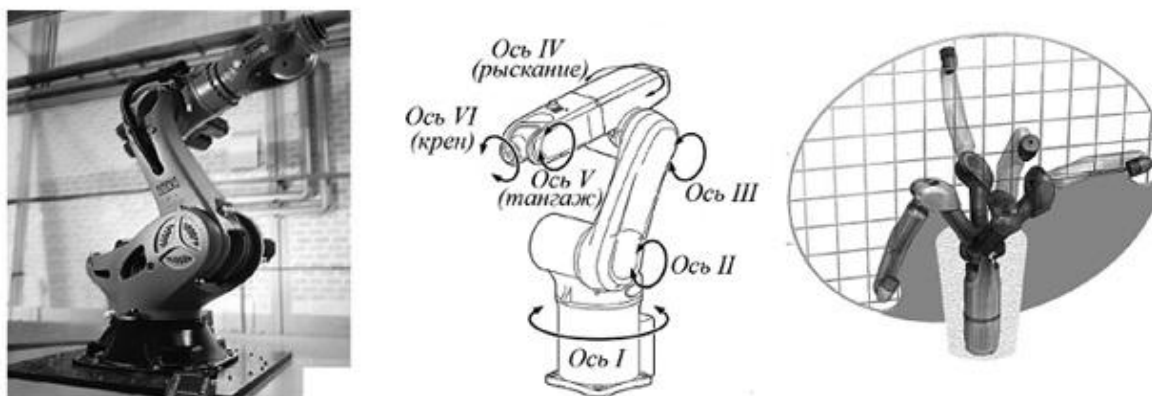


Рисунок 1.4 – Шарнирные роботы манипуляторы

Особенно полезна шарнирная конструкция оказалась в малоинвазивной хирургии (хирургии минимального вмешательства), суть которой состоит в том, чтобы оперировать через миниатюрные разрезы в тканях, не задевая жизненно важные органы. Раньше подобная работа выполнялась вручную, что требовало от хирурга колоссального опыта и напряжения, невероятной координации движений глаз и рук, был необходим контакт с операционной

зоной. Естественно, что малоинвазивная хирургия была весьма опасна, и операции далеко не всегда заканчивались удачно. С появлением роботоманипуляторов с на шарнирной основе стало возможным преодолеть упомянутые недостатки малоинвазивной хирургии. Врач оперирует не своими руками, а посредством высокоточного, дистанционно управляемого манипулятора. Благодаря обратной связи по усилиям, компенсации неточности движений и трёхмерному эндоскопическому обзору, хирург получает практически полный доступ к рабочему пространству.

Как правило, типовой шарнирный манипулятор имеет 5 или 6 программируемых звеньев. Несмотря на очевидные преимущества конструкции, управлять таким роботом достаточно сложно. При перемещении каждого звена принцип минимального значения требуемого угла, и манипулятор движется не по прямой линии (как декартов, например), а выполняет довольно сложную траекторию, имитируя движения живой руки. В результате мысленное представление всех движений «руки» сильно затруднено, что создаёт трудности при программировании.

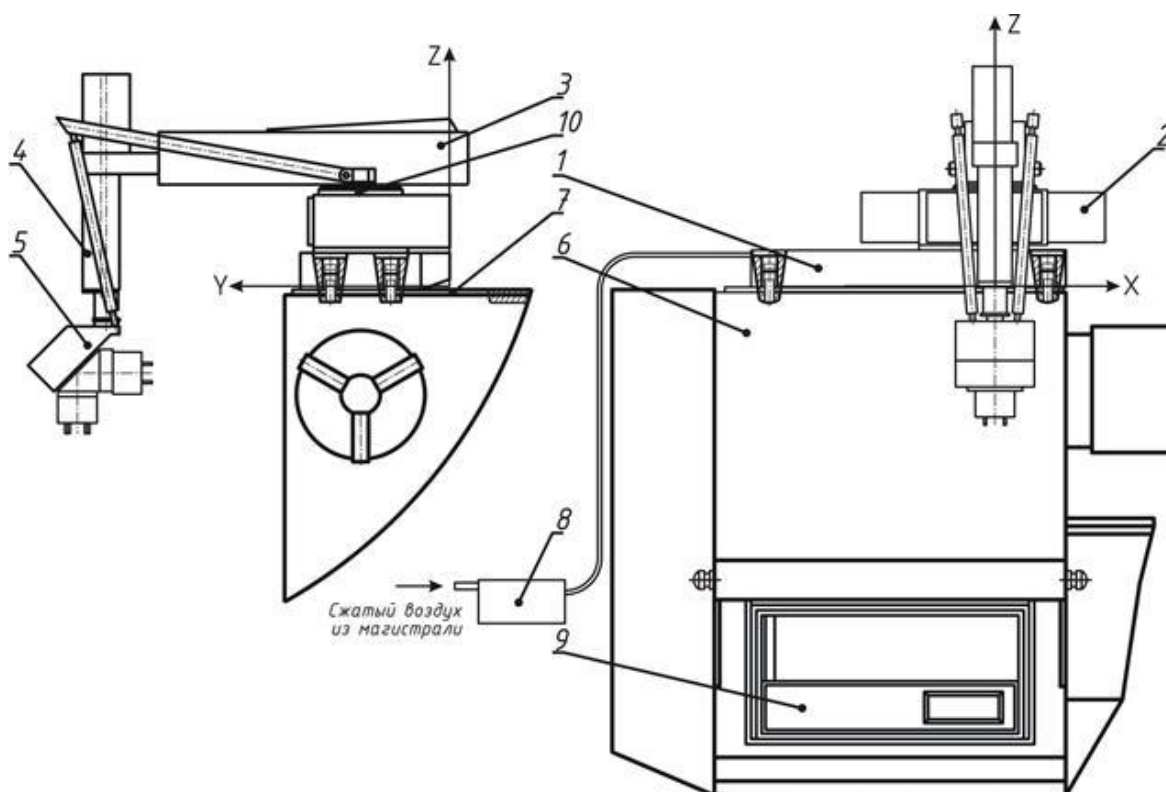
1.1 Манипулятор Электроника НЦ ТМ-01

Технические характеристики робота Электроника НЦ ТМ-01. Промышленный робот «Электроника НЦ ТМ-01» предназначен для обслуживания токарных станков, а именно для загрузки и выгрузки деталей типа тел вращения диаметром до 150 мм и высотой до 150 мм, а также может использоваться при производстве деталей электронной промышленности.

Таблица 1.1 – Технические характеристики робота Электроника НЦ ТМ-01

Наименование параметров	Фактические значения
Горизонтальное перемещение схватов по оси X, м	- не менее 0,30
Средняя скорость перемещения по оси X, м/с	- не менее 0,04
Горизонтальное перемещение схватов по оси Y, м	- не менее 0,30
Средняя скорость перемещения по оси Y, м/с	- не менее 0,08
Вертикальное перемещение схватов по оси Z, м	- не менее 0,16
Средняя скорость перемещения по оси Z, м/с	- не менее 0,032
Рабочее перемещение каждого кулачка механизма захвата деталей, мм	- не менее 5
Погрешность позиционирования в автоматическом режиме, мм	- не хуже $\pm 0,5$
Грузоподъемность робота, кг	- $2 \times 3,0$

Манипулятор электромеханического промышленного робота «Электроника НЦ ТМ-01» состоит из следующих конструктивных узлов: механизма горизонтального перемещения по оси X, механизма поворота, механизма горизонтального перемещения по оси Y, механизма подъема по оси Z, механизма захвата детали, блока подготовки воздуха.



1 – механизм горизонтального перемещения по оси X; 2 - механизм поворота; 3 – механизм горизонтального перемещения по оси Y; 4 – механизм подъема по оси Z; 5 - механизм захвата детали; 6 – стол; 7 – промежуточная плита; 8 – блок подготовки воздуха; 9 – блок управления; 10 – манипулятор электромеханический.

Рисунок 1.5 – Промышленный робот «Электроника НЦ ТМ-01»

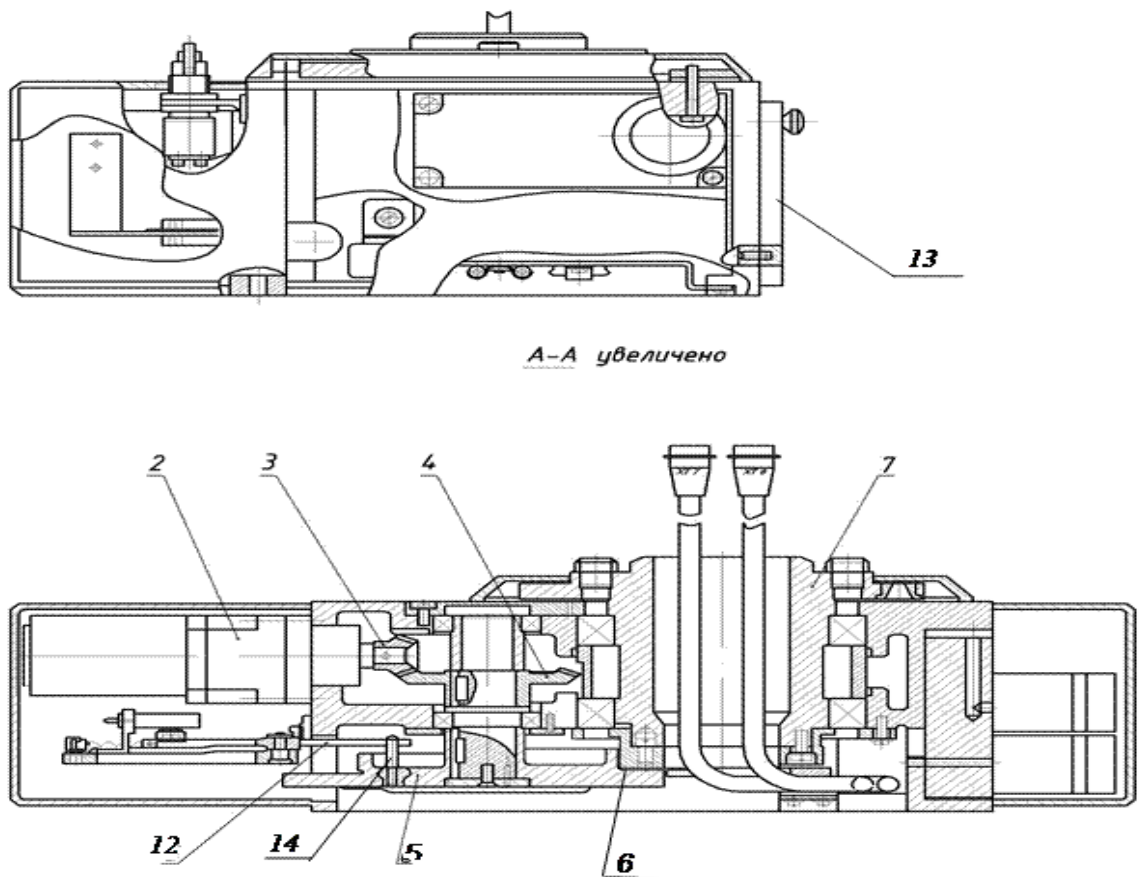
Механизм поворота. Механизм поворота обеспечивает вращение руки робота относительно вертикальной оси на фиксированный угол в 90° , что позволяет совмещать продольную ось заготовки с осью шпинделя токарного станка или базовой осью другого технологического оборудования. А также в другом крайнем положении дает возможность роботу по программе забирать заготовки из магазина или устанавливать готовые детали в накопитель. Поворот осуществляется с помощью исполнительного устройства, обеспечивающего реверсивный режим работы и выполненного на основе двух двигателей постоянного тока ДП40-10-3-27-IM3681-P09 с напряжением питания 27В и двух механических передач, первая из которых представляет собой встроенный редуктор с цилиндрическими колесами, а вторая - открытый одноступенчатый конический редуктор. Управление приводами обеспечивает два уровня скорости. Динамическое торможение обеспечивается релейным ключом, статическое – выдвижным фиксатором.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР – 15.03.06 ПЗ

Лист

14



1 – корпус; 2 - привод; 3,4 – коническая зубчатая передача; 5 - водило;
 6 – мальтийский крест; 7 – стакан; 8 – ролик; 9 – выдвижной фиксатор;
 10 – кулачек; 11 – коромысло; 12 – рычаг переключателя датчиков;
 13 – крышка; 14 – штифт; b_n , b_k – датчики начального и конечного положения.

Рисунок 1.6 – Механизм поворота

Механизм поворота установлен на каретке 5 механизма горизонтального перемещения и состоит из корпуса 1, на котором закреплен привод 2, коническая зубчатая передача которого через ведущее 3 и ведомое колеса 4 передает момент от двигателя с встроенным цилиндрическим редуктором на водило 5 и через ролик 8 мальтийскому кресту 6. На мальтийском кресте в подшипниках установлен стакан 7. Вращение водила 5 осуществляется от привода 2 через коническую передачу. Для фиксации мальтийского креста в крайних положениях используется выдвижной фиксатор 9, управляемый кулачком 10, кинематически связанным через коромысло 11 с водилом 5. Датчики начального и конечного положения переключаются рычагом 12, управляемым штифтом 14, который установлен на водиле.

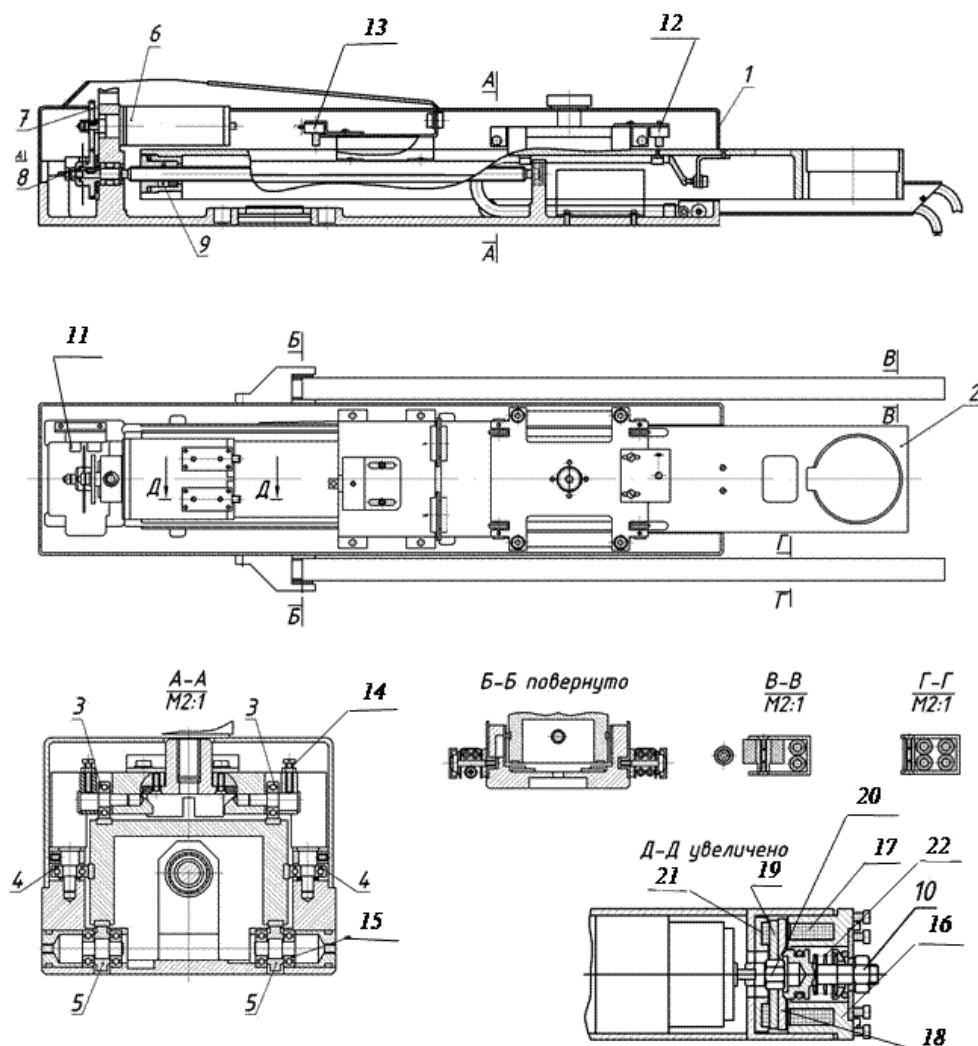
Механизм горизонтального перемещения по оси Y. Механизм горизонтального перемещения по оси Y (рисунок 1.7) обеспечивает перемещение руки манипулятора робота по опорам качения, установленным в каретке.

Перемещение осуществляется с помощью исполнительного устройства, обеспечивающего реверсивный режим работы и выполненного на основе двух

двигателей постоянного тока ДП40-10-3-27- IM3681-P09 с напряжением питания 27В и механической передачи. Управление приводами обеспечивает два уровня скорости. Динамическое торможение обеспечивается релейным ключом, статическое - двумя фрикционными электромагнитными тормозами.

Механизм горизонтального перемещения по оси Y закреплен на верхнем фланце стакана 7 механизма поворота (рисунок 1.6) и состоит из корпуса 1 с кареткой (рисунок 1.7), в котором расположен ползун 2, выполняющий функции предплечья руки робота и перемещающийся по опорам качения 5. В ползуне выполнены канавки, в которых установлены стальные направляющие, контактирующие при движении руки с опорами качения 5 и шарикоподшипниками 3 и 4. Установленные в корпусе верхние 3 и два боковых подшипника 4 с одной стороны выполнены на эксцентриковых парах для устранения люфтов между ползуном 2 и опорами качения. Фиксация эксцентриков после их регулировки производится винтами 14.

Перемещение ползуна осуществляется от привода 6, момент от которого через шестерни 7, 8 передается на винт шариковинтовой пары 9. Винт, воздействуя на шариковую гайку, установленную в ползуне 2, перемещает его относительно корпуса 1.



- 1 – корпус; 2 – ползун; 3 – верхние шарикоподшипники; 4 – боковые шарикоподшипники; 5 – опоры качения; 6 – привод; 7,8 – шестерни;
 9 – шариковинтовая пара; 10 – фиксирующая гайка; 11 – импульсный датчик; 12,13 – датчики начального и конечного положений; 14 – фиксирующий винт;
 15 – шарикоподшипник опорного ролика; 16 – корпус электромагнита;
 17 – катушка электромагнитного тормоза; 18 – прижимной диск; 19 – ведущий диск; 20 – полумуфта.

Рисунок 1.7 – Механизм горизонтального перемещения по оси Y

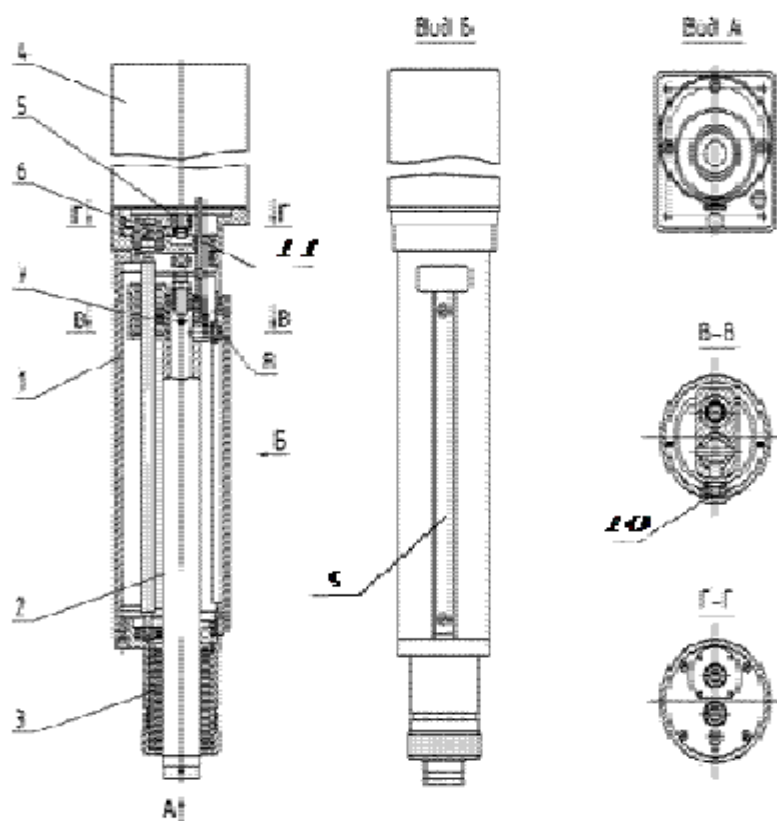
Электромагнитный тормоз состоит из электромагнитной катушки 17, находящейся в корпусе 16 и залитой компаундным составом, прижимного диска 18, который под воздействием пружины 22, при отсутствии тока в катушке 17, прижимает ведущий диск 19 к фрикционному вкладышу 21. В ведущем диске 19 выполнено шестигранное отверстие, что позволяет ему свободно перемещаться по шестигранной части полумуфты 20 в осевом направлении. Полумуфта 20 накручена на резьбовую часть оси ротора двигателя.

При подаче системой управления сигнала на растормаживание, напряжение подается на электромагнитную катушку 17. При этом прижимной диск под воздействием магнитного поля преодолевает усилие пружины 22 и

освобождает ведущий диск 19, который под воздействием момента, передаваемого ему через полумуфту 20, начинает свободно вращаться с ротором двигателя, преодолевая момент трения, возникающий от контакта диска 19 с вкладышем 21 под воздействием силы тяжести. Гайка 10 служит для механического отключения тормоза.

Механизм подъема по оси Z. Механизм подъема по оси Z (рисунок 1.8) обеспечивает перемещение руки манипулятора робота в вертикальном направлении.

Перемещение осуществляется с помощью исполнительного устройства, обеспечивающего реверсивный режим работы и выполненного на основе двух двигателей постоянного тока ДП40-10-3-27- IM3681-P09 с напряжением питания 27В и механической передачи. Управление приводами обеспечивает два уровня скорости и выполнено аналогично приводам горизонтальных перемещений по осям X и Y. Динамическое торможение обеспечивается релейным ключом, статическое – двумя фрикционными электромагнитными тормозами.



1 – корпус; 2 – штанга; 3 – шариковая втулка; 4 – привод; 5,6 – зубчатые шестерни; 7 – шариковинтовая пара; 8 – ось; 9 – направляющая; 10 – подшипник; 11 – шток.

Рисунок 1.8 – Механизм подъема по оси Z

Механизм подъема закреплен на переднем конце ползуна 2 механизма горизонтального перемещения по оси Y (рисунок 1.7) и состоит из корпуса 1 (рисунок 1.8) цилиндрической формы, в котором расположена штанга 2,

перемещающаяся в шариковой втулке 3, закрепленной на нижнем конце механизма подъема. Вертикальное перемещение штанги осуществляется от привода 4 через зубчатую передачу 5,6 и шариковинтовую пару 7.

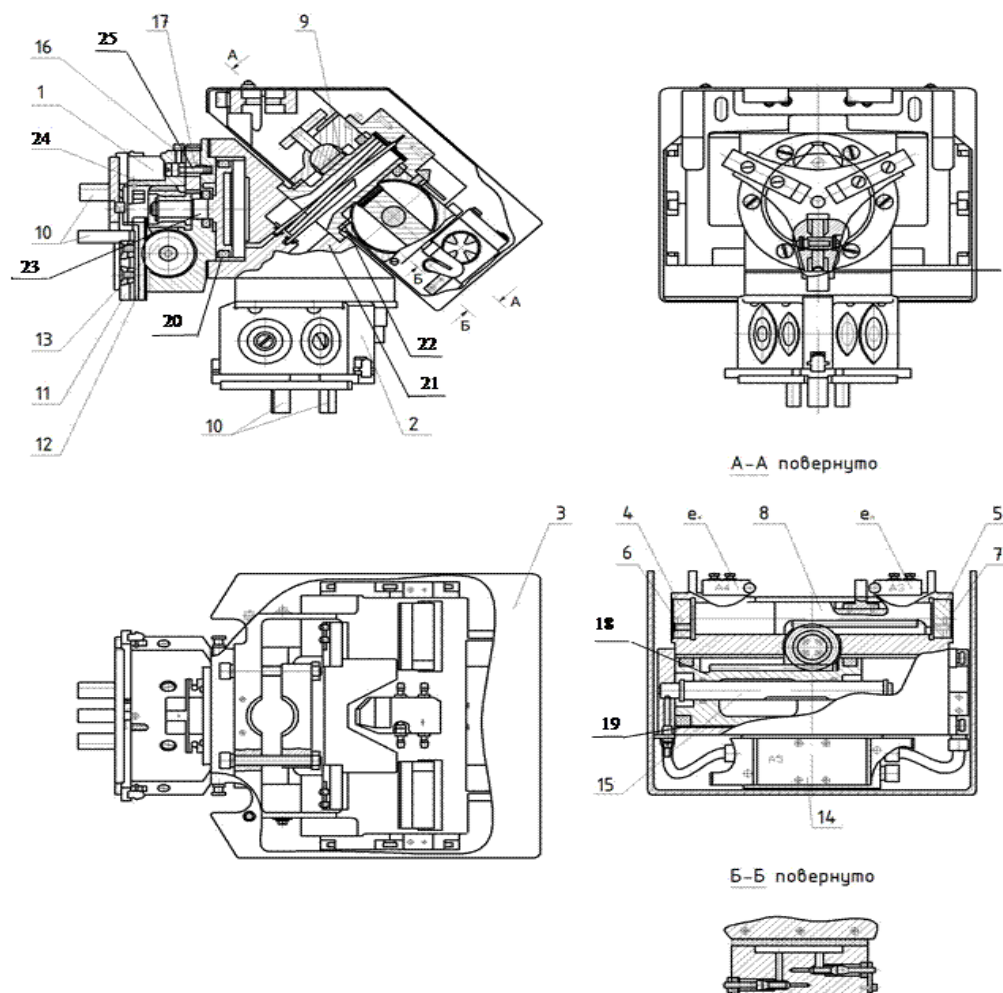
Для исключения воздействия поперечных нагрузок на винт в корпусе закреплена направляющая 9, по которой перемещается подшипник 10, установленный на оси 8. Ось ввернута в штангу 2. Датчики крайних положений срабатывают при пересечении луча источника света, принимаемого фоторезистором, регулируемым штоком 11. Для работы импульсного датчика положения в шестерне 6 выполнены овальные отверстия, а сама шестерня помещена в прорезь датчика и при вращении пересекает световой поток, направленный на фоторезистор.

Механизм захвата детали. Механизм захвата детали (рисунок 1.9) обеспечивает: захват заготовки из многопозиционного приспособления, магазина или другого устройства; удерживание её при транспортировке в рабочую зону технологического оборудования (чаще всего токарновинторезного станка); установку заготовки в позицию для обработки; извлечение готовой детали из зоны обработки и удерживание её при перемещении руки манипулятора робота после обработки к накопителю готовых деталей или при передаче детали на последующую операцию. Захват и ротация осуществляется с помощью пневмоцилиндров, имеющих реверсивный режим работы и управляемых электропневматическими распределителями с напряжением питания 24 В. Скорость поворота при ротации регулируется дросселями. В цепи обратной связи установлены импульсные датчики АУБ178.32.00.000 начального и конечного положений. Механизм захвата детали снабжен устройством обдува, предназначенным для удаления стружки с патрона станка и схватов робота. Сжатый воздух, выходящий из трех трубок-сопел, направляют в нужную зону, изгибая трубки-сопла.

Неподвижный корпус 3 (рисунок 1.9) механизма захвата детали закреплен на нижнем конце штанги 2 механизма подъема (рисунок 1.8) и состоит из двух схватов 1, 2 (схват 1 и схват 2) (рисунок 1.9) расположенных под углом 90° в подвижном корпусе 21. Ротация подвижного корпуса 3 происходит вокруг оси, расположенной под углом 45° к вертикальной оси штанги.

Угол ротации схватов регулируется упорами 4, 5, путем ввертывания их в резьбовые отверстия в корпус 3. Упоры контрятся после регулировки винтами 6, 7. Ротация осуществляется пневмоцилиндром 19 через зубчатую рейку 18 и зубчатое колесо 9, которое выполнено как вал-шестерня и соединено винтами с подвижным корпусом 21. Вал-шестерня установлена в корпусе 3 во втулках 22 и имеет возможность вращения относительно оси под воздействием момента, создаваемого передачей рейка – зубчатое колесо (18 – 9). Зубчатая рейка 8 находится в зацеплении с зубчатым колесом 9 с противоположной стороны по отношению к рейке 18 пневмоцилиндра ротации, она противодействует отжатию колеса при его вращении. Рейка 8 представляет собой ползун, перемещающийся в корпусе. Её крайние положения ограничиваются упорами 4 и 5, которые позволяют изменять угол ротации

Каждый схват 1, 2 снабжен тремя подвижными кулачками 10, закрепленными на ползунах 11 с зубчатыми рейками 12. Перемещение кулачков 10 осуществляется от пневмоцилиндра 20, шток-поршень 23 которого через червяка 24 и червячное колесо 13 связан с зубчатыми рейками 12 ползуна 11. Для настройки кулачков 10 схватов 1, 2 на заданный диаметр на червяке 24 дополнительно нарезаны зубья цилиндрической шестерни, которые находятся в зацеплении с зубчатым колесом 17, имеющим шпоночный паз.



1,2 – схваты; 3 – неподвижный корпус; 4,5 – упоры; 6,7 – винт; 8,18 – рейка зубчатая; 9 – колесо зубчатое; 10 – кулачки подвижные; 11 – ползуны; 12 – рейки зубчатые; 13 – колесо червячное; 14 – пневмораспределители; 15 – шток пневмоцилиндра; 16 – винт; 17 – колесо зубчатое; 19 – пневмоцилиндр ротации; 20 – пневмоцилиндр схвата; 21 – подвижный корпус; 22 – втулка; 23 – шток-поршень; 24 – червяк; 25 – ось настроечная; e_n , e_k – датчики начального и конечного положения.

Рисунок 1.9 – Механизм захвата детали

Колесо 17 установлено на ось 25 с призматической шпонкой. Ось 25 на одной из ступеней имеет шлицевую прорезь под отвертку. Вращение оси отверткой приводит к вращению колеса 17 и находящегося в зацеплении с ним червяка, имеющего возможность проворачиваться свободно на втулке штока-поршня 23. При вращении червяка изменяется положение кулачков, для

фиксации которого служит винт 16. Пневмораспределители 14 расположены в неподвижном корпусе и корпусе механизма поворота.

СЭП силовой части. Напряжение от источника постоянного тока -24 В поступает на истоки транзисторов VT1 – VT9. А напряжение +24 В поступает на первичную обмотку реле К1 – К8.

При открытии транзисторов VT1 – VT3, напряжение от их стоков поступает на вторичную обмотку реле К1 – К6. Пары реле К1 и К2, К3 и К4, К5 и К6 служат для реверса направления двигателей. При переключении контактов реле, положительное (отрицательное) напряжение от реле К1 и отрицательное (положительное) напряжение от реле К2 поступает на обмотки двигателей постоянного тока М1 и М2, соединённых параллельно. Аналогично для реле К3 – К6 и двигателей М3 – М5.

При переключении контактов реле К7 и К8 положительное напряжение от источника питания попадает на катушки электромагнитных тормозов Т1 - Т4, которые разжимают валы электродвигателей.

При открытии транзисторов VT4 – VT9, напряжение от их стоков поступает на отрицательные контакты пневматических клапанов FL1 – FL6.

СЭП системы управления. По кабелю USB управляющая программа поступает на контроллер D1, который формирует сигнал включения двигателей М1 – М5, электромагнитных тормозов Т1 – Т4, пневматических клапанов FL1 – FL6.

Данные о положении двигателей поступают с энкодеров, которые представлены оптопарами HL1-9 и BL1-9.

Управляющие сигналы от контроллера D1 через резисторы R1 - R3 поступают на затворы транзисторов VT1 – VT3.

Управляющие сигналы от контроллера D1 поступают на сдвиговые регистры D2 и D3. Сигналы со сдвигового регистра D2 через резисторы R22 – R27 поступают на затворы транзисторов VT4 – VT9. Сигналы со сдвигового регистра D3 поступают на модуль реле D4.

1.3 Постановка задачи модернизации

При модернизации необходимо выполнить задачи:

- поиск и ремонт дефектов и неисправностей;
- установку энкодера на поворотный механизм;
- сборку и отладку работы манипулятора МРК;
- разработку схемы передачи информации манипулятор МРК-МР;
- отладку работы манипулятора МРК с МРКТ;
- проектирование пневматической системы захватного устройства;
- разработка ПО для технического зрения.

2 Проектирование пневматической системы захватного устройства

Пневматические системы управления (ПСУ) – одни из самых действенных средств автоматизации различного рода производственных процессов. Преимущества ПСУ в частности ярко выражаются при автоматизации наиболее массовых операций: зажима деталей пневматическими схватами, их фиксации в данных захватных устройствах, сборке различного оборудования, контроле линейных и геометрических размеров, транспортировке и других, что позволяет практически исключить участие человека в тяжёлых и монотонных работах, при этом продуктивность работы на этих операциях повышается в несколько раз.

Основные положительные качества, благодаря которым можно использовать ПСУ:

- относительная простота устройства и эксплуатационного обслуживания;
- небольшая цена и скорая окупаемость затрат;
- в значительной степени высокая надёжность работы при различных диапазонах температуры, значительной влажности и запылённости окружающей среды;
- пожаробезопасность и взрывобезопасность;
- довольно значительный срок службы оборудования;
- сравнительная простота передачи и получения ресурса для управления (сжатого воздуха);
- возможность снабжения им большого количества потребителей от одного источника и многие другие.

Пневматические системы состоят, в основном, из следующих элементов:

1. Исполняющие устройства, которые в основном предназначены для преобразования энергии воздуха, получаемого сжатием в механическую энергию для вращения или линейного перемещения объектов. Линейное перемещение должно обеспечиваться пневмоцилиндрами, поворотное движение - исполняющими устройствами, обладающими в качестве рабочего органа лопасть или шестерню с рейкой,

В пневмоцилиндрах одностороннего воздействия напор сжатого воздуха воздействует на поршень только лишь в одном направлении, в противоположную сторону поршень со штоком движется под действием пружины или внешних сил. Пневмоцилиндры с пружинным возвращением используют для того, чтобы выполнить небольшие перемещения и с небольшим развиваемым усилием, так как пружина, сжимаясь, существенно сбавляет усилие, вырабатываемое поршнем. В пневмоцилиндрах двустороннего

действия перемещение поршня со штоком под действием сжатого воздуха происходит в прямом и обратном направлениях.

2. Распределительные устройства, предназначенные для изменения направления потоков сжатого воздуха в линиях (трубопроводах и каналах).

3. Устройства управления, предназначенные для обеспечения заданной последовательности перемещения исполнительных устройств в соответствии с заданным законом их движения. Совокупность управляющих устройств, т.е. логических элементов и элементов обратной связи составляет пневматическую систему.

2.1 Разработка системы управления. Выбор оборудования

Основным устройством в нашей пневматической системе является воздушный компрессор, являющимся специализированным устройством, используемым для сжатия и подачи газов под давлением. Воздушные компрессоры имеют широкий спектр применения. В большинстве случаев их используют при ремонтных, монтажных работах, строительстве, также воздушные компрессоры используются в промышленности, где нужно применять сжатый воздух высокого давления. В данном случае, для более качественной и эффективной работы, компрессоры используются в манипуляторе НЦ ТМ – 01.

В данном проекте был выбран автомобильный компрессор AGR-6LT "Агрессор" с ресивером на 6 л, в связи с тем, что он имеет более низкую массу и необходимую мощность для поддержания давления на необходимом уровне. Характеристики представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Характеристики автомобильного компрессора AGR-6LT

Наименование параметров	Значения
Мощность	180 Вт
Производительность	35 л/мин
Максимальное давление	8 атм
Тип двигателя	Постоянного тока коллекторного типа
Размеры	430 x 150 x 185 мм
Вес	7000 г
Время заполнения ресивера	4 мин
Максимальный ток потребления	14 А
Тип насоса	Поршневой
Время непрерывной работы	30 мин

Диапазон рабочей температуры	от - 40°C до + 80°C
Материал корпуса	Металл
Допустимое рабочее напряжение	12 В



Рисунок 2.1 – Компрессор AGR-6LT с ресивером

Производительность поршневого компрессора составляет 35 л/мин, это позволяет заполнить ресивер, который обеспечивает хранение воздуха в период пиковой нагрузки и помогает сглаживать перепады, сжатым воздухом за 4 минуты. При достижении в ресивере максимально допустимого давления компрессор автоматически отключается и включается, когда давление в емкости начинает снижаться.

Подача воздуха осуществляется непосредственно из ресивера. Шланг компрессора изготовлен из полиуретана и поэтому не теряет эластичность даже при низких температурах.

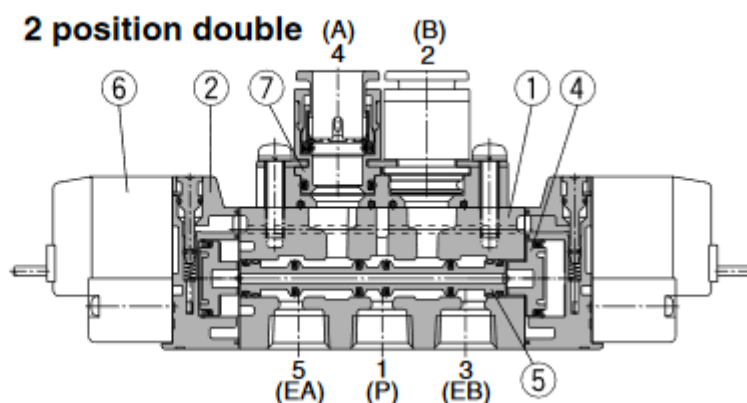
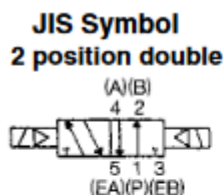
Металлический корпус компрессора устойчив к коррозии и эффективно охлаждается во время работы. Поршень двигателя оснащен уплотнительным кольцом из гибкого жаропрочного тефлона, которое обеспечивает продолжительную безотказную работу насоса. Для смазки в компрессоре используется инновационное силиконовое масло. Оно сохраняет свои качества в течение всего срока службы изделия и не требует замены или доливки.

Питание компрессора осуществляется от аккумулятора автомобиля, к которому он подключается через зажимы АКБ. От перепадов напряжения и силы тока электродвигатель защищает встроенный предохранитель. Без перерыва компрессор способен проработать до 30 минут.

В качестве распределительного устройства был выбран пневмораспределитель компании SMC SY3260-5LOU-C6-Q, который обладает характеристиками, представленными в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Характеристики пневмораспределителя SMC
SY3260-5LOU-C6-Q

Наименование параметров	Значения
Тип приведения в действие	Электромагнитное/Вспомогательный клапан
Материал корпуса	5 Цинковое литьё под давлением
Назначение	5/2
Максимум расхода	196 нормолитр в минуту
Максимальное рабочее давление	0.7 МПа
Максимальная рабочая температура	+ 50 °С
Минимальная рабочая температура	- 10 °С
Напряжение соленоида	24 В DC
Минимальное рабочее давление	0.1 МПа
Способ монтажа	Дин-рейка
Среда	Сжатый воздух с содержанием масла или без него



2 position double – двухстороннее управление, А, В – выходные клапаны, ЕА, Р, ЕВ – регулируемые затворы.

Рисунок 2.2 – Конструкция и способ управления пневмораспределителем SMC
SY3260-5LOU-C6-Q

Основные элементы конструкции представлены в таблице 2.3.
Таблица 2.3 – элементы конструкции SMC SY3260-5LOU-C6-Q

Обозначение элемента	Наименование
1	Корпус
2	Крепежная плита

Продолжение таблицы 2.3

Обозначение элемента	Наименование
4	Поршень
5	Золотник клапана в сборе
6	Пилотный клапан в сборе
7	М5 сборка блока портов

В отличие от установленных ранее на манипуляторе пневмораспределителей, новые имеют возможность запоминать последнее состояние и даже после отключения питания смогут продолжить работу с момента, на котором произошёл сбой, так же имеется возможность двухстороннего управления, что позволяет работать пневмосистеме и при выходе из строя одного из управляющих органов.

Так как максимально допустимое давление, которое могут выдержать пневмораспределители равно 7 атмосферам, то необходимо установить регулятор давления RP-182 R 1/4 GAV 22922, который даст возможность изменить выходное давление ресивера. Технические характеристики представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – элементы конструкции RP-182 R 1/4 GAV 22922

Наименование параметров	Значения
Производительность	500 л/мин
Выход	1/4
Максимальное рабочее давление	12 атм
Вес	0.15 кг
Габариты	70 x 50 x 70 мм

Регулятор давления RP-182 предназначен для контроля давления в пневмосистеме. Подключается к магистрали с помощью байонетного соединения. Уровень давления регулируется с помощью вентиля и отображается на встроенном манометре, максимальное давление 12 атмосфер.

Управляющим устройством является микроконтроллер Leonardo на базе ATmega32u4 от Arduino. основные характеристики можно увидеть в таблице 2.5.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Таблица 2.5 – Характеристики микроконтроллера Arduino Leonardo

Наименование параметров	Значения
Микроконтроллер	ATmega32u4
Рабочее напряжение	5 В
Флэш – память	32 Кб (ATmega32u4) из которых 4 Кб используются для загрузчика
Оперативно-запоминающее устройство (ОЗУ)	2 Кб (ATmega32u4)
EEPROM	1 Кб (ATmega32u4)
Тактовая частота	16 МГц
Входное напряжение (рекомендуемое)	7 – 12 В
Входное напряжение (предельное)	6 – 20 В
Цифровые Входы/Выходы	20 (7 из которых могут использоваться как выходы ШИМ)
Аналоговые каналы	12
Постоянный ток через вход/выход	40 мА
Постоянный ток для вывода 3.3 В	50 мА

Память. Микроконтроллер ATmega32u4 располагает 32 кБ флэш памяти, из которых 4 кБ используется для хранения загрузчика, а также 2.5 кБ ОЗУ (SRAM) и 1 Кб EEPROM (которая читается и записывается с помощью библиотеки EEPROM).

2.2 Разработка управляющей программы

Для управления схватом мобильного комплекса будем использовать сигналы для подачи напряжения на пневмораспределители. Для этого мы подаём управляющий сигнал на сдвиговые регистры один из них отвечает за управление двигателями манипулятора, а второй управляет схватом. Управляющая программа (УП) должна переместить необходимый схват в рабочую область и, если требуется зажать или разжать его.

Байт данных, в режиме отладки, отправляется с ПК по USB порту на плату Arduino Leonardo через библиотеку Serial. В рабочем режиме, байт данных отправляется с платы управления мобильной платформы через цифровые порты ввод/вывода 0 (RX) и 1 (TX). В дальнейшем передача будет осуществляться через wi-fi или bluetooth модуль.

Первым этапом разработки УП является построение схемы функционирования программы.

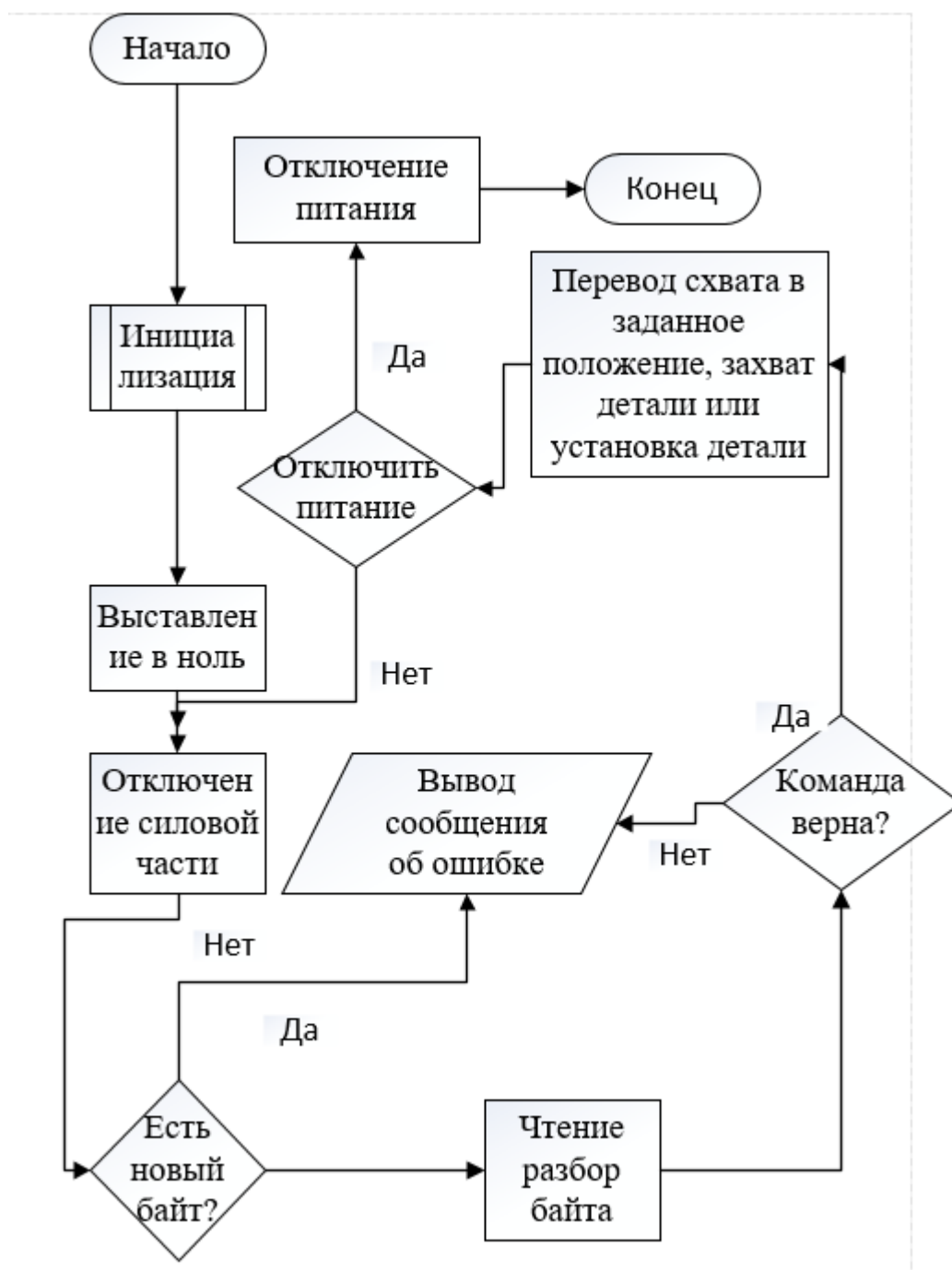


Рисунок 2.3 – Схема функционирования УП

На втором этапе следует определить все процедуры отдельных процессов УП.

В подпроцессе «Инициализация» устанавливаются все значения входов/выходов микроконтроллера, а также задаются нужные константы.

В процессе «Выставление в ноль» проверяются текущие значения концевых датчиков, если по какой-то из осей концевика не замкнуты, то включаются двигатели этих осей в реверсе до тех пор, пока датчики конечного положения не замкнутся.

В процессе «Отключение силовой части» переключаются все реле в первое положение, в таком положении двигатели будут замкнуты на плюс, а тормоза отпущены.

В условии проверки наличия байта ожидается поступление нового байта через порт USB или же цифровых пинов 0 (RX) и 1 (TX).

В процессе «Чтение и разбор байта» считываются по битно отправленная команда; проверяются начальные символы: X, Y, Z, S, P; проверяется возможность перехода каждой оси в заданное положение. Если всё верно, то заданные положение передаются в процесс «Перевод схвата в заданное положение», если есть хотя бы одна ошибка, то с микроконтроллера отправляется ответный байт с сообщением об ошибке, УП переводится в режим ожидания нового байта.

В процессе «Перевод схвата в заданное положение» проверяется направление движение рабочего органа и реле переключаются в соответствующие положения (либо остаются неизменными, если какая-то из осей находится в заданном положении). Далее необходимые двигатели включаются с заданной скоростью и начинают считываться импульсы с энкодеров, тем самым меняя текущее положение. При достижении какой-либо оси заданного положения её двигатель отключается, при отключении всех двигателей, УП переводится в режим ожидания нового байта.

Код программы с поясняющими комментариями представлен в приложении

3 Модернизация механической части ММРТК

В данной главе рассмотрим процесс модернизации механической части манипулятора. В качестве программы для создания 3D модели и написания управляющей программы для станка ЧПУ возьмём 3D – систему SolidWorks с разрешением система Delcam for SolidWorks.

3.1 3D моделирование

В качестве программы для 3D моделирования возьмём SolidWorks, описание и все возможности программы приведены на сайте, предоставленном по ссылке <http://www.solidworks.ru>.

Начнём с моделирования корпуса механизма горизонтального перемещения, предоставлен на рисунке 3.1.

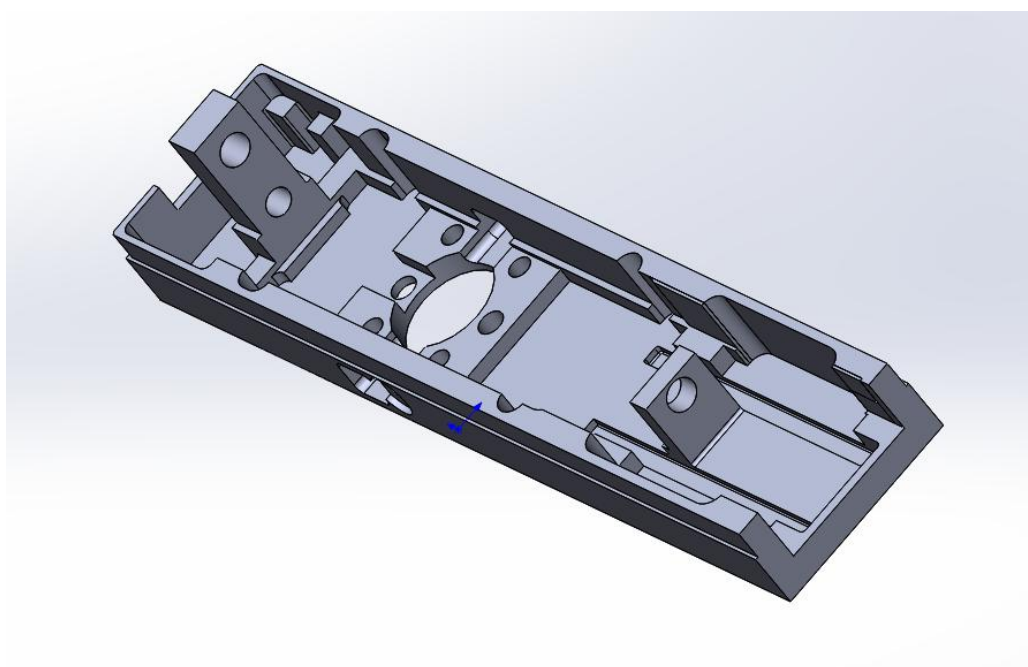


Рисунок 3.1 – Корпуса механизма горизонтального перемещения по оси Y

В данном случае были изменены различные участки механизма, а именно:

- уменьшено пространство для импульсного датчика, в связи с тем, что габаритные размеры современных датчиков, намного меньше используемых ранее;
- увеличены габаритные размеры ползуна, что повышает дальность перемещения по оси Y без нарушения целостности конструкции и увеличения давления на другие компоненты ММРК;
- удалено пространство для проводки под приводом, т.к. количество проводки уменьшилось;

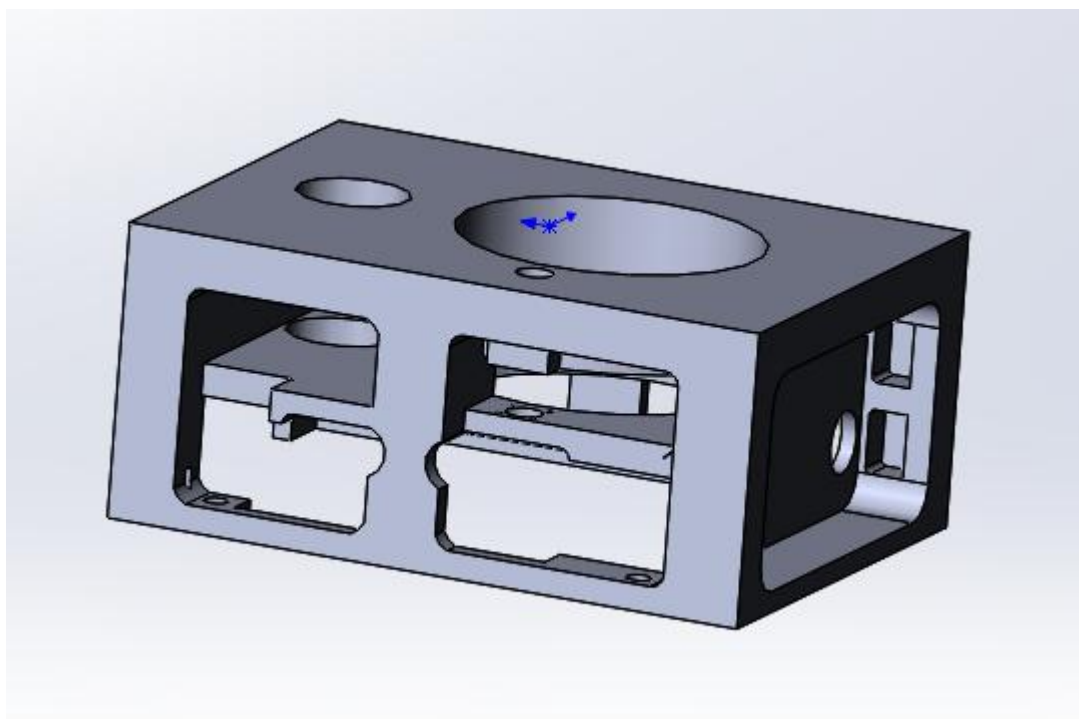


Рисунок 3.2 – Корпус механизма поворота

В данном случае было добавлена часть корпуса для закрепления и установки энкодера на поворотную ось механизма, что позволило проверить и отрегулировать написанную ранее управляющую программу для поворота.

3.2 Моделирование технологического процесса в САМ системе Delcam

Рассмотрим формирование управляющей программы для станка ЧПУ.

Для начала технологического процесса и создания G – кода для наших деталей требуется:

- запустить программу SolidWorks с разрешением Delcam и нажать на кнопку «Начать обработку»;
- далее выбираем используемые устройства, станки, режущие элементы и меру измерения, в нашем варианте метрическую;
- выбираем или назначаем ось заготовки, это может быть, как действующая ось, там и новая, так же возможно многоосевое позиционирование;
- далее назначаем все необходимые параметры для обработки;

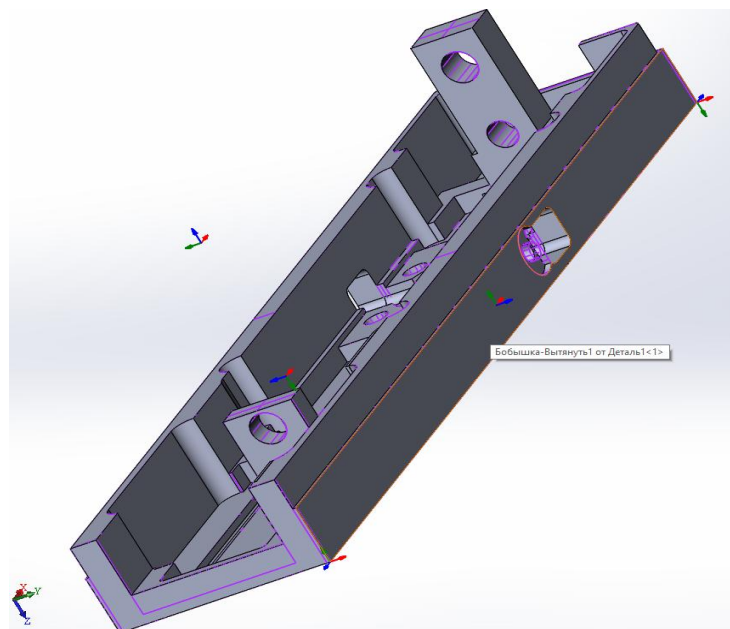


Рисунок 3.3 – Многоосевое позиционирование

- назначаем параметры, включающие габаритные размеры используемой заготовки детали, а также материал из которого будет изготовлен наш механизм;

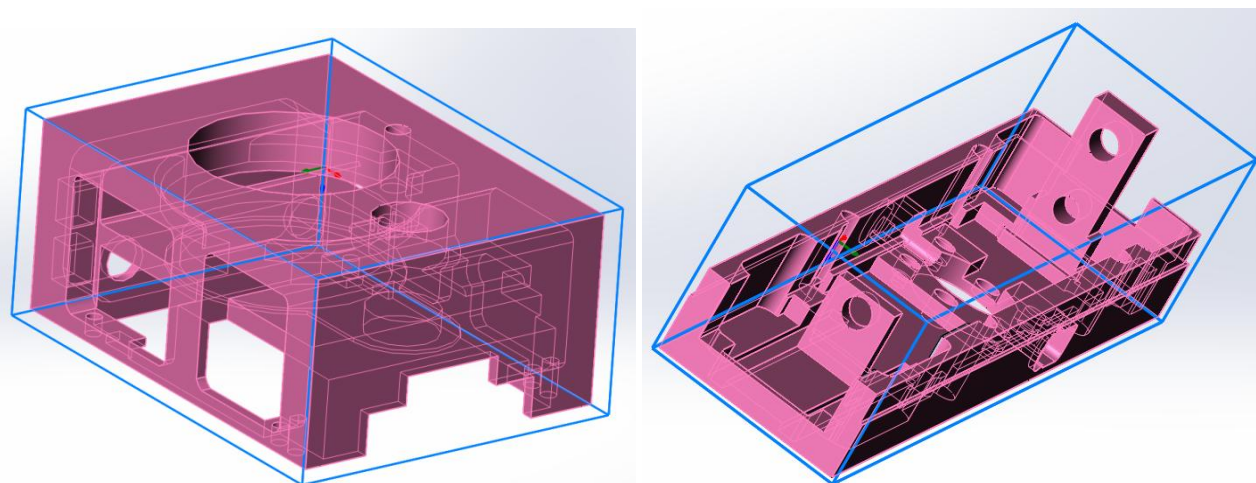


Рисунок 3.4 – Создание заготовки деталей

- выбираем необходимый участок ранее созданной модели ММРК, который необходимо обработать, выбирать можно в любом порядке, т.к. существует опция интеллектуальной обработки, которая позволяет САМ – системе автоматически определить порядок обработки, дабы не допустить среза лишнего, надрезов и т.д.;

- назначаем необходимую сторону для обработки, это нужно для того, чтобы инструмент подходил со стороны, с которой он не заденет ни заготовку, ни сам станок, на котором производится обработка;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР – 15.03.06 ПЗ

Лист

32

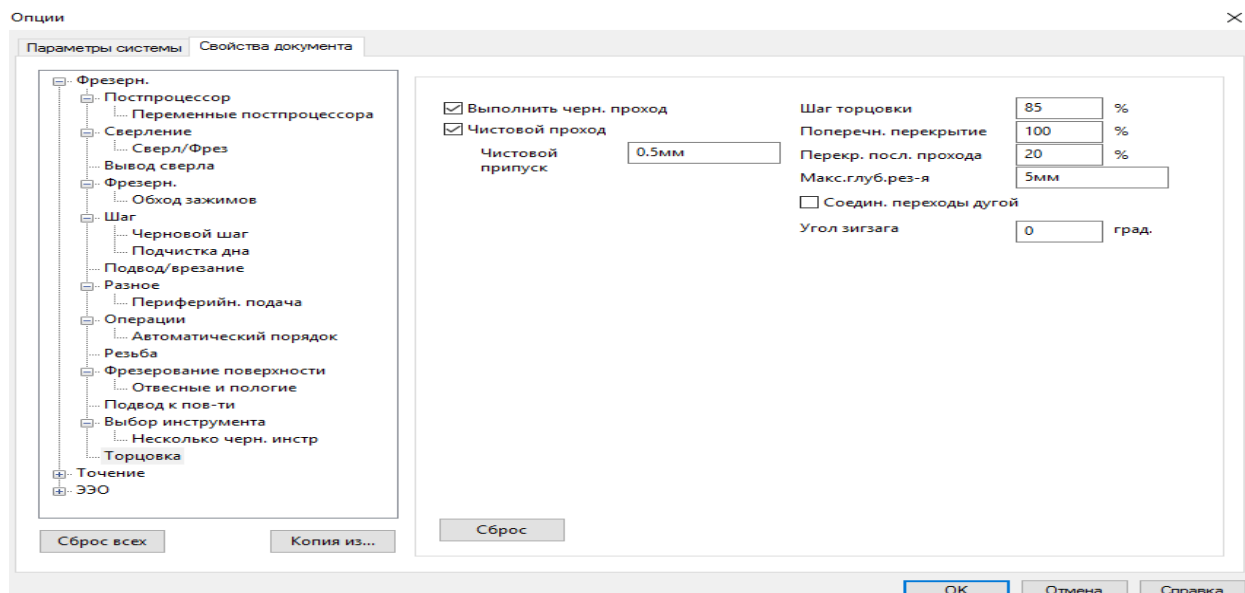


Рисунок 3.5 – Назначаемые параметры

Обработка детали №1:

- 1) начинаем с обработки верхней части заготовки, снимаем материал до верхней стенки;

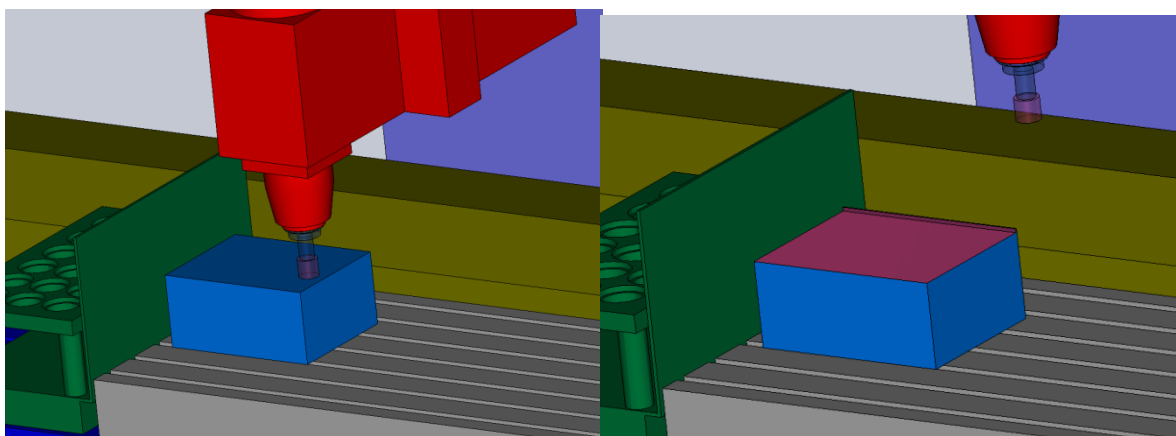


Рисунок 3.6 – Одна из операций обработки заготовки

Готовую деталь можно увидеть на следующем рисунке:

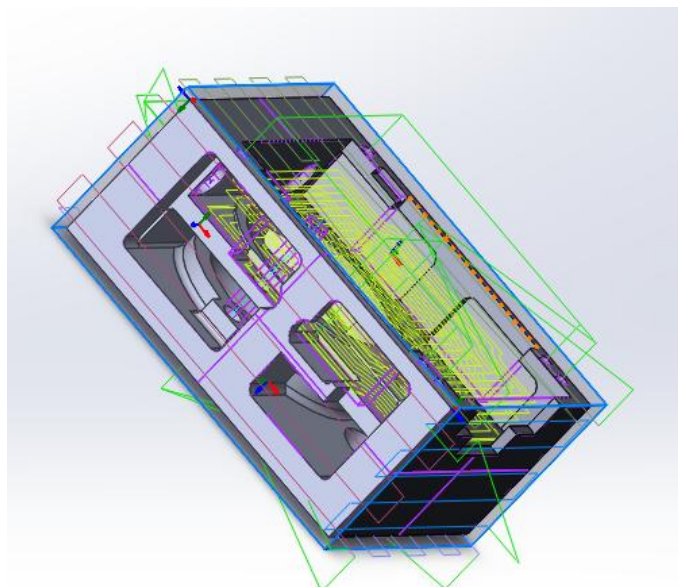


Рисунок 3.7 – Готовая деталь №1

- запускаем процесс моделирования и получаем все необходимые данные;

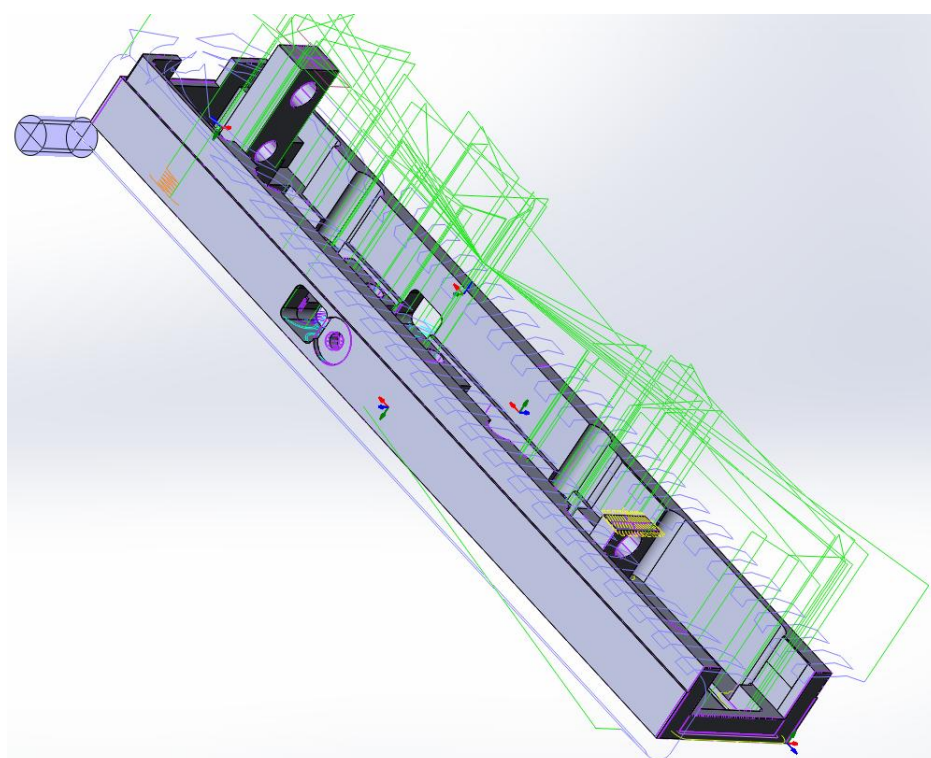


Рисунок 3.8 – Готовая деталь №1

В результате мы получаем детальный список операций, включающий смену инструмента, смену оси обработки и т.д., а также необходимый нам G – Код и спецификацию смены инструмента.

- вырезаем колесо для энкодера.

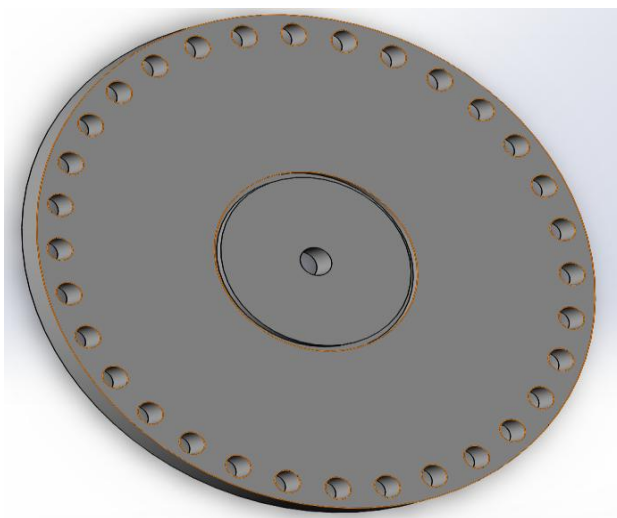


Рисунок 3.9 – 3Д модель диска энкодера созданного в SolidWorks

После установки энкодера на поворотную ось было выявлено, что требуется диск с большим количеством отверстий для оптронов.

4 Разработка программного обеспечения системы технического зрения для захватного устройства робота-манипулятора

После установки пневматической системы требуется разработка программного обеспечения системы технического зрения для робота-манипулятора, достаточно простого в установке, настройке и эксплуатации, в последующих пунктах мы и рассмотрим варианты достижения данной цели.

Робот-манипулятор, исследуемый в данном курсовом проекте можно отнести к роботам второго поколения, так как он должен быть способен выполнять действия, запрограммированные оператором, взаимодействовать со внешней средой, но он не моделирует мыслительную деятельность человека.

Роботы второго поколения - это роботы, предназначенные для работы с неориентированными предметами любой формы. Они выделяются, во-первых, значительно большим набором и совершенством как внешних сенсорных датчиков (оптические, тактильные, локационные и т.п.), так и внутренних (датчики положений "руки" или "ноги" относительно "тела" робота, датчики усилий и моментов и т.п.) и, во-вторых, более сложной системой управления, требующей для своей реализации управляющей ЭВМ.

Возможности роботов второго поколения, оснащенных значительным числом датчиков внешней среды и развитым программным обеспечением, значительно превосходят возможности роботов первого поколения. Благодаря способности распознавать внешнюю обстановку, анализировать сенсорную информацию и приспосабливаться к изменяющимся условиям эксплуатации, оучувствленные роботы могут взаимодействовать с неориентированными объектами в неупорядоченной обстановке, а значит, выполнять исследовательские работы, сборочные и монтажные операции, собирать информацию об окружающей обстановке и т.п.

4.1 Обзор аналогов, выбор прототипов

Основная сложность при автоматизации управления роботизированных систем – обеспечение точности позиционирования в пространстве.

Современные роботы функционируют на основе принципа иерархичности системы управления роботом. Иерархия системы управления роботом подразумевает деление системы управления на горизонтальные слои, управляющие общим поведением робота, расчётом необходимой траектории движения манипулятора, поведением отдельных его приводов, и слои, непосредственно осуществляющие управление двигателями приводов.

Управление бывает нескольких типов:

- программное управление;
- управление человеком (например, дистанционное управление);
- адаптивное управление.

Программное управление – это самый простой тип системы управления, используется для управления манипуляторами на промышленных объектах. В таких роботах отсутствует сенсорная часть, все действия жёстко фиксированы и регулярно повторяются.

Роботы с адаптивной системой управления оснащены сенсорной частью. Сигналы, передаваемые датчиками, анализируются и в зависимости от результатов анализа принимается решение о дальнейших действиях, переходе к следующей стадии действий и т. д. Одним из примеров адаптивного управления является система технического зрения (СТЗ). Система технического зрения может обеспечивать систему управления манипулятором информацией для идентификации объекта, определения его ориентации и положения, а также препятствий вокруг. В данном проекте решается проблема адаптивного управления роботом-манипулятором посредством применения видеокамеры и распознавания образов (контуров объектов) методами контурного анализа.

Обзор аналогов. На сегодняшний день наиболее известными фирмами производителями промышленных систем технического зрения и автоматизированных систем для различных отраслей промышленности являются:

- Omron (Япония);
- Leuze Electronic (Германия);
- IFM Electronic (Германия);
- Balluff (Германия);
- Pepperl Fuchs (Германия).

Рассмотрим наиболее известную систему технического зрения в России на 2006 год. Мы рассмотрим именно эту систему, так как нам требуется лишь выявить принципы работы СТЗ. Система технического зрения F250 фирмы Энергоснаб, система F250, благодаря наличию в ней специальной быстродействующей схемы, обладает возможностью сверхбыстрой локализации объектов. Наличие четырех портов для подключения камер позволяет организовать одновременный контроль по нескольким параметрам в пределах одной системы. Через интерфейс Ethernet система F250 может обмениваться данными практически с любой компьютерной системой предприятия.

Достоинства данной системы:

- специальная быстродействующая схема для ускорения инструментов контроля при решении задач, требующих повышенной скорости обработки;
- возможность подключения четырех камер; возможность локализации объекта в реальном времени;
- повышенная гибкость благодаря наличию операций ветвления и условных переходов;

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

– два гнезда для компактных карт флеш-памяти (CF) для хранения данных и ведения протокола;

Данная модель показывает весь спектр возможностей СТЗ, но нам требуется лишь определять контур заготовки без высоты и других параметров, следовательно, можно подобрать более простую систему или же просто одну камеру. Так же приведённая система технического зрения является устаревшей, но современные модели отличаются лишь компактностью, быстродействием и качеством обработки, но всё так же являются достаточно дорогими для приобретения. Разрабатываемая в данном проекте система технического зрения будет включать в себя всего одну неспециализированную USB веб-камеру, что обеспечит низкую стоимость, а также достаточно простой интерфейс пользователя.

В качестве прототипа для разработки программного обеспечения рекомендуется взять веб-камеру DEFENDER Multicam WF – 10HD, которая оказалось наиболее конкурентоспособной исходя из технико – экономического обоснования дипломного проекта, но мы для первичных тестов возьмём более дешёвую веб-камеру Logitech C 100 т.к. на данном этапе работы нам требуется определить возможности имеющейся на данном этапе системы управления (СУ) и выявить направление для дальнейшей разработки.

Технические характеристики камеры приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Характеристики веб-камеры Logitech C 100

Наименование параметров	Значения
Интерполированное разрешение в мегапикселах (фото)	1.3 млн пикс
Подключение	USB 2.0
Фокусировка	Ручная
Совместимые операционные системы	Windows XP/Vista/7



Рисунок 4.1 – веб-камера Logitech Webcam C 100

Данная камера подходит и тем, что она совместима с wi-fi-роутером TP-LINK TL-MR3020, с помощью которого мы сможем передавать изображение, полученное с камеры на ПК для дальнейшей обработки и передачи данных на контроллер манипулятора.

Характеристики роутера представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Характеристики wi-fi роутера TP-LINK TL-MR3020

Наименование параметров	Значения
Интерполированное разрешение в мегапикселах (фото)	1.3 млн пикс
Подключение	USB 2.0
Фокусировка	Ручная
Совместимые операционные системы	Windows XP/Vista/7
CPU	Atheros AR7240@400MHz (SoC: Atheros AR9330 rev 1)
Ram память	32 Мбайт
Flash память	4 Мбайт
Питание	5 В
Размеры корпуса платы	6.7 x 7.4 x 2.2 см 5.7 x 5.7 см



Рисунок 4.2 - wi-fi-роутер TP-LINK TL-MR3020

Основными достоинствами выбранного роутера является то, что нам не придётся самостоятельно разрабатывать прошивку для связи роутера и камеры, а есть уже готовые примеры. После подключения веб-камеры, поддерживающей UVC, появится видеоустройство `/dev/video0`, данные с которого можно считать и отдавать через сокета в сжатом виде. Для этого

используется утилита *mjpg_streamer*, которая сжимает каждый кадр в JPEG (если камера отдаёт кадры в формате YUYV).

Как настроить роутер для подключения и работы камеры описано по ссылке <http://robocraft.ru/blog/electronics/1053.html>.

4.2 Требования к разрабатываемой системе

Система технического зрения состоит из веб-камеры, подключённой к ЭВМ – персональный компьютер (ПК), а также программы распознавания объектов и управления манипулятором. Для первичных тестов и разработки методики подключение будет непосредственным, т.е. через USB, далее камера будет подключена к ПК через wi-fi роутер, либо будет передавать данные непосредственно в блок управления мобильным роботом, который уже и будет отправлять пакеты с данными на ПК.

Манипулятор имеет 3 степени свободы и имеет управляющий контроллер, подключаемый к ЭВМ посредством Bluetooth. Веб-камера закрепляется на оси вертикального перемещения схвата манипулятора, что должно так же позволить, при небольших скоростях перемещения мобильного робота (МР), обеспечить возможность обратной связи по перемещению МР в пространстве.

Требования к функциональным возможностям системы. Система технического зрения должна обеспечивать поиск контрастных объектов (в дальнейшей разработке) относительно фона, идентификацию, вычисление их координат относительно робота и передачу преобразованных координат системе управления для корректировки положения манипулятора и схвата соответственно.

Управление параметрами системы технического зрения осуществляется через пользовательскую программу. Интерфейс должен быть понятным и интуитивным, чтобы программой мог воспользоваться любой оператор – пользователь, который не является специалистом в данной области.

На программное обеспечение возлагаются следующие функции:

- организация протокола связи с устройством;
- кроссплатформенность ПО;
- опрос подключенного устройства перед началом работы с целью немедленного обнаружения неисправности или отключения устройства, сигнализирование пользователю о неисправности.

Основными требованиями к алгоритмам управления являются:

- адекватная реакция на управляющие команды;
- допущение возможности неверных или случайных действий оператора –пользователя;
- приспособленность к различному подключаемому оборудованию;
- гарантия отсутствия тупиковых ветвей в любых ситуациях;
- корректная работа в любом режиме;

– минимальный объем памяти.

Требования к входным и выходным данным. Входными данными системы являются положение объектов в рабочей области камеры, имеющиеся шаблоны контуров, а также программа, вводимая оператором, задающая последовательность действий, которые должен выполнять манипулятор.

Выходными данными является список найденных контуров, соответствующих по форме известным программе шаблонам, возможные препятствия на пути МР (в дальнейшей разработке), координаты центров каждого из идентифицированных объектов, а также изображение с отмеченными найденными объектами.

4.3 Выбор и обоснование метода распознавания контуров

В данном проекте стоит задача распознавания лишь внешних контуров объектов, то есть их формы, без учёта внутренней структуры объекта. *Контурный анализ (КА)* позволяет описывать, хранить, сравнивать и производить поиск объектов, представленных в виде своих внешних очертаний – контуров.

Предполагается, что контур содержит всю необходимую информацию о форме объекта. Внутренние точки объекта во внимание не принимаются. Это ограничивает область применимости алгоритмов КА, но рассмотрение только контуров позволяет перейти от двумерного пространства изображения – к пространству контуров, и тем самым снизить вычислительную и алгоритмическую сложность.

КА позволяет эффективно решать основные проблемы распознавания образов – перенос, поворот и изменение масштаба изображения объекта. Методы КА инвариантны к этим преобразованиям.

Немаловажным является и то, что для программной реализации контурного анализа подходит открытая для доступа библиотека Image Processing Toolbox в Matlab. Эту библиотеку полезно использовать для решения данной задачи, так как она содержит готовые функции по поиску, определению размеров и координат контуров.

4.4 Разработка метода контурного анализа

Контур – это граница объекта, совокупность точек (пикселей), отделяющих объект от фона.

В данном проекте будут рассматриваться чёрно-белые изображения, бинарные, имеющие всего два цвета – черный и белый. Такие изображения проще хранить и обрабатывать, чем изображения, в которых имеется много степеней яркости. Однако, в связи с тем, что в бинарных изображениях кодируется информация лишь о силуэте предмета, сфера их применения

ограничена. В дальнейшем мы сформулируем условия, необходимые для успешного использования методов обработки бинарных изображений. Здесь внимание акцентируется на самых простых геометрических характеристиках изображений - площадь объекта и его положение на картинке. Данные величины будут использоваться для управления механическим манипулятором в процессе работы с деталями.

Поскольку изображения содержат большой объем информации, важную роль начинают играть вопросы ее представления. Покажем, что интересующие нас геометрические характеристики можно извлечь из проекций бинарных изображений. Проекция гораздо легче хранить и обрабатывать. Также рассмотрим непрерывные бинарные изображения, характеристическая функция которых равна нулю или единице в каждой точке плоскости изображения. Это упрощает анализ, однако при использовании ЭВМ изображение необходимо разбить на дискретные элементы.

Бинарные изображения. Рассмотрим случай, когда на изображении находится один объект, а все остальное считается “фоном”. Если объект оказывается заметно темнее (или светлее), чем фон, то легко определить характеристическую функцию

$$b(x, y), \quad (4.1)$$

которая равна нулю для всех точек изображения, соответствующих фону, и единице для точек на объекте или наоборот. Характеристическая функция определена в каждой точке изображения. Такое изображение называется непрерывным.

Обычно бинарное изображение получают пороговым разделением обычного изображения. К нему также можно прийти путем порогового разделения расстояния на изображении, полученном на основе измерений расстояний, пороговым разделением полутонового изображения. Операция порогового разделения заключается в том, что характеристическая функция полагается равной нулю в точках, где яркость больше некоторого порогового значения, и единице, где она не превосходит его (или наоборот).

Бывают случаи, когда удобно отверстия и компоненты изображения рассматривать как множество точек - это позволяет комбинировать изображения с помощью теоретико-множественных операций, например, объединение и пересечение. В других случаях удобно поточечно использовать булевы операции. Однако это всего лишь два неодинаковых способа отображения одних и тех же действий над изображениями.

К сожалению определенная доля информации при переходе к бинарным представлениям теряется, и сужается круг методов обрабатывания подобных изображений.

Обработку бинарных изображений нетрудно приспособить под быструю аппаратную реализацию, но при этом нужно не забывать об ограничениях. Самое главное требование для перехода к бинарным изображениям – это высокая контрастность рассматриваемого объекта и фона, так же он должен быть в большей степени двумерным. Так как всё, чем мы располагаем, — лишь очертания или силуэт объекта. По такой информации трудно судить о его форме или пространственном положении.

Геометрические характеристики. Так как нам известна характеристическая функция, то площадь объекта вычисляется следующим образом:

$$A = \iint_I b(x, y) dx dy, \quad (4.2)$$

где интегрирование реализуется по всему изображению I . При присутствии более одного предмета эта формула дает возможность найти их суммарную площадь.

Геометрический центр — это центр масс однородной фигуры той же формы. В свою очередь центр масс определяется точкой, в которой можно сконцентрировать всю массу объекта без изменения его первого момента относительно любой оси. В двумерном случае первый момент относительно оси рассчитывается по формуле:

$$X \iint_I b(x, y) dx dy = \iint_I x b(x, y) dx dy, \quad (4.3)$$

а относительно оси y – по формуле:

$$Y \iint_I b(x, y) dx dy = \iint_I y b(x, y) dx dy, \quad (4.4)$$

где (x, y) — координаты геометрического центра. Интегралы в левой части приведенных соотношений — площадь A , чтобы найти величины x и y нужно предположить, что A не равна нулю.

4.5 Разработка программного обеспечения системы технического зрения

Для нахождения угла на который должен повернуться манипулятор мы должны решить обратную задачу робототехнику. Для пространственных механизмов наиболее эффективными методами решения этой задачи являются векторный метод и метод преобразования координат. При решении прямой задачи о положении схвата манипулятора обычно используют метод

преобразования координат. Из множества методов преобразования координат, которые отличаются друг от друга правилами выбора осей локальных систем координат, для манипуляторов обычно используется метод Денавита – Хартенберга.

Представление Денавита – Хартенберга. Исполнительный механизм робота общего вида может рассматриваться как кинематическая цепь, связанная в сочленениях, движениями которых могут управлять соответствующие приводы. Соединения бывают трех видов: поворотные (вращательные), призматические (телескопические), комбинации этих двух типов.

Денавитом и Хартенбергом было определено понятие «низшая пара», образуемого контактирующими поверхностями. В этом смысле сочленениями «высшей пары» являются сочленения, образованные точечными или линейными контактами между двумя телами.

Кинематическая схема.

Для составления кинематической схемы воспользуемся алгоритмом назначения и описания координат звеньев, совместимых с преобразованием Денавита – Хартенберга:

1) для звена i ось z_i направляется по оси кинематической пары, образуемой им со звеном $(i+1)$. Начало координат размещают в геометрическом центре этой пары;

2) ось x_i направляется по общему перпендикуляру к осям z_{i-1} и z_i с направлением от z_{i-1} к z_i . Если оси z_{i-1} и z_i совпадают, то x_i перпендикулярна к ним и направлена произвольно. Если они пересекаются в центре кинематической пары, то начало координат располагается в точке пересечения, а ось x_i направляется по правилу векторного произведения (кратчайший поворот оси z_i до совмещения с z_{i-1} при наблюдении с конца x_i должен происходить против часовой стрелки);

3) ось y_i направляется так, чтобы система координат была правой.

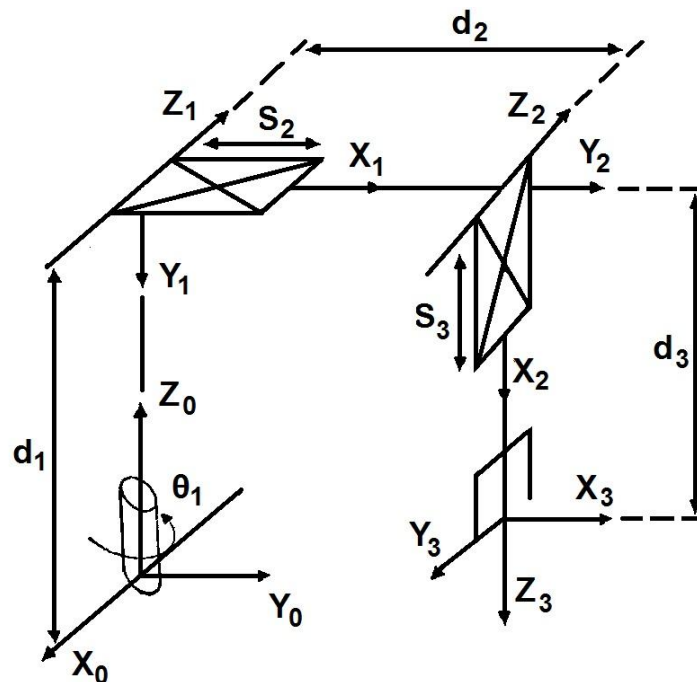


Рисунок 4.3 – Кинематическая схема

Прямая задача робототехники. Прямая задача кинематики многозвенных механизмов состоит в следующем: необходимо найти матрицу (радиус-вектор), которая определяет координаты захватного устройства манипулятора в пространстве относительно некоторой неподвижной системы координат (чаще всего она связана с неподвижной базой манипулятора), зная конструктивные параметры манипулятора и значения обобщенных параметров q_i для всех его кинематических пар. Кроме координат захватного устройства манипулятора необходимо определить его пространственную ориентацию.

Так как манипулятор состоит из вращательного и двух призматических сочленений, то переходная матрица примет вид

$$T_0^3 = Rot(z_0, \theta) Trans(z_1, z_2) Trans(z_2, z_3), \quad (4.5)$$

где $Rot(z_0, \theta)$ - матрица переноса вдоль оси z_0 ;

$Trans(z_1, z_2)$ - матрица переноса вдоль оси z_1 ;

$Trans(z_2, z_3)$ - матрица переноса вдоль оси z_2 .

$$T_0^3 = \begin{pmatrix} C\theta & -S\theta & 0 & 0 \\ S\theta & C\theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & Z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & rC\theta \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C\theta & -S\theta & 0 & rC\theta \\ S\theta & C\theta & 0 & rS\theta \\ 0 & 0 & 1 & Z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Обратная задача робототехники. Обратная задача кинематики состоит в следующем: по известной матрице захватного устройства манипулятора в пространстве необходимо определить значения обобщенных координат q_i . Поиск координат q_i при известных значениях X , Y и Z не является простым и

однозначным, т.к. уравнения нелинейные. Однако, для данного манипулятора с цилиндрической системой координат возможно решение обратной задачи геометрически, то есть обратным переходом от декартовых к полярным координатам. Для этого решим систему уравнений

$$\begin{cases} x = r \cos \theta \\ y = r \sin \theta, \\ z = z \end{cases} \quad (4.6)$$

где r – радиус-вектор в полярных координатах;

θ - угол наклона радиус-вектора в полярных координатах.

Так как необходимо найти только r и, то

$$\begin{cases} r = (x^2 + y^2)^{1/2} \\ \theta = \arctg(y / x) \end{cases} \quad (4.7)$$

Веб-камера должна быть установлена так, чтобы видеть рабочую область сверху. Располагать камеру имеет смысл так, чтобы её поле зрения охватывало ту область, до которой манипулятор может дотянуться. ЭВМ обрабатывает изображение, которое передается с веб-камеры посредством интерфейса USB. Результатом обработки являются преобразованные координаты идентифицированного объекта, которые передаются управляющему контроллеру. Координаты сохраняются в энергозависимой памяти и используются для формирования управляющих сигналов для манипулятора и МР соответственно. Управление манипулятором доступно также в ручном режиме. Управляющие сигналы делают так, чтобы захват манипулятора установился над указанным объектом. Сжатие захвата производится так же в ручном или автоматическом режиме.

Первым этапом разработки УП является построение схемы функционирования программы, представлена на рисунке 4.4.

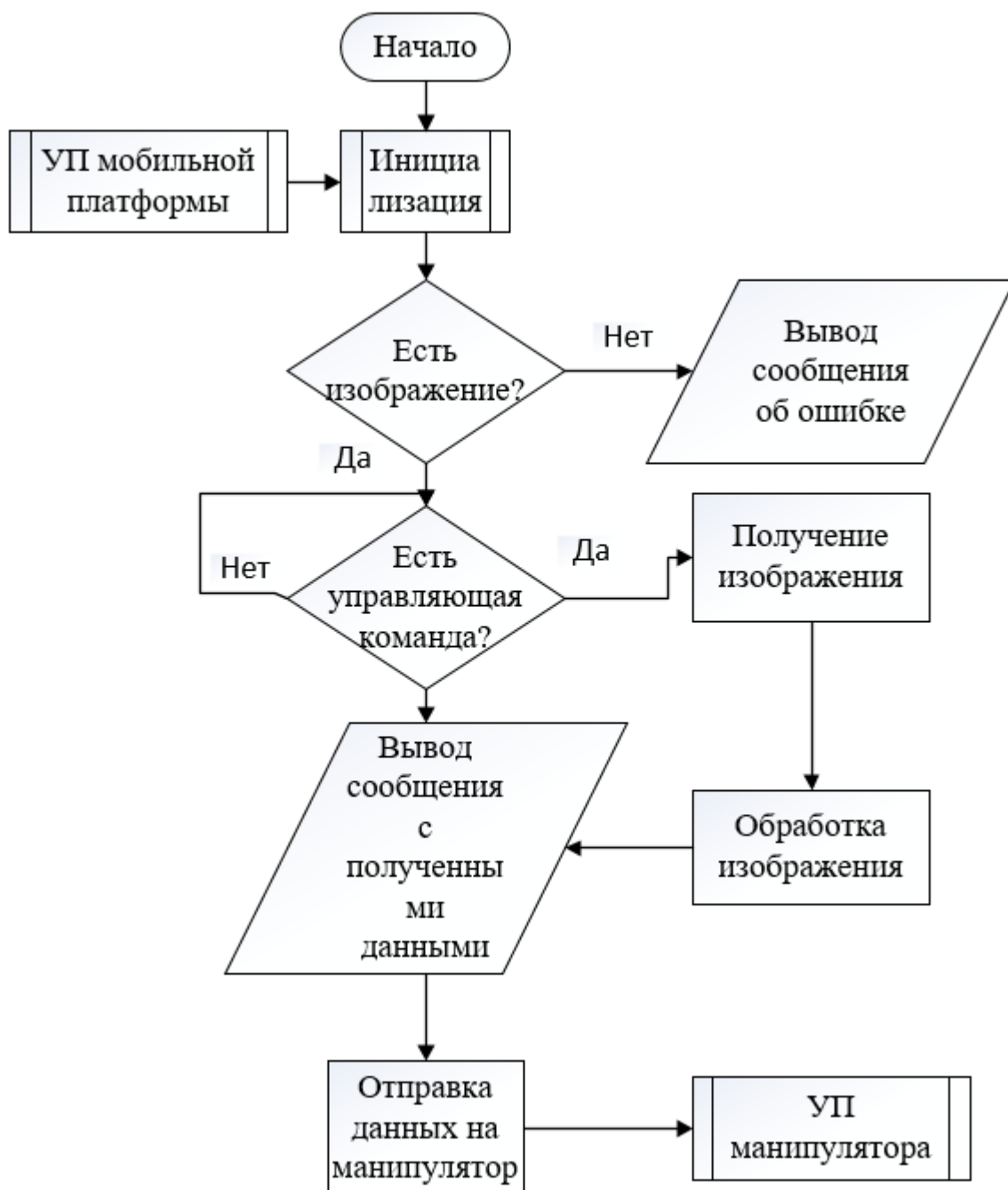


Рисунок 4.4 – Схема функционирования УП

Далее определяем все процедуры отдельных процессов.

В подпроцессе «УП мобильной платформы» выполняется программа мобильного робота, которая при достижении паллеты отправляет управляющий байт.

В подпроцессе «Инициализация» устанавливается связь с управляющим устройством через wi-fi роутер.

В условии проверки наличия изображения ожидается поступление картинки через wi-fi роутер на ПК для проверки работоспособности камеры.

В условии проверки наличия управляющей команды ожидается поступление байта через bluetooth модуль на ПК для получения снимка с камеры.

В процессе «Получение изображения» ожидается изображение с wi-fi роутера.

В процессе «Обработка изображения» идёт обработка изображения в ходе которой находятся необходимые координаты для установки манипулятора в необходимое положение.

В процессе «Отправка данных для манипулятора» координаты отправляются на Arduino, где проверяются и приводят в действие системы робота.

В подпроцессе «Управляющая манипулятора» выполняется программа по управлению манипулятором.

Код программы с поясняющими комментариями представлен в приложении В.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

5 Модернизация системы управления манипулятором

В данной главе будут предоставлены общая структурная, функциональная и принципиальные схемы манипулятора НЦ ТМ-01. Данные схемы дают более глубокое понимание процессов, протекающих при работе модернизированного манипулятора, что должно помочь в последующих модернизациях.

5.1 Структурная схема системы управления манипулятором

Схемы структурные определяют основные функциональные части изделия, их назначение и взаимосвязи и служат для общего ознакомления с изделием. На структурной схеме раскрывается не принцип работы отдельных функциональных частей изделия, а только взаимодействие между ними. Поэтому составные части изделия изображают упрощенно в виде прямоугольников произвольной формы.

При разработке проекта автоматизации в первую очередь необходимо решить, с каких мест те или иные участки объекта будут управляться, где будут размещаться пункты управления, операторские помещения, какова должна быть взаимосвязь между ними, т. е. необходимо решить вопросы выбора структуры управления. Под структурой управления понимается совокупность частей автоматической системы, на которые она может быть разделена по определенному признаку, а также пути передачи воздействий между ними. Графическое изображение структуры управления называется структурной схемой. Хотя исходные данные для выбора структуры управления и ее иерархии с той или иной степенью детализации оговариваются заказчиком при выдаче задания на проектирование, полная структура управления должна разрабатываться проектной организацией.

Выбор структуры управления объектом автоматизации оказывает существенное влияние на эффективность его работы, снижение относительной стоимости системы управления, ее надежности, ремонтоспособности и т.д.

В свою очередь, система управления в зависимости от важности регулируемых параметров, круга работников эксплуатационного персонала, которым необходимо знать их значения для осуществления оптимального управления объектом, в общем случае должна обеспечивать разные уровни управления объектом автоматизации, т. е. должна состоять из нескольких пунктов управления, в той или иной степени взаимосвязанных друг с другом.

Структуры управления объектом автоматизации могут быть в частных случаях одноуровневыми централизованными, одноуровневыми децентрализованными и многоуровневыми. Одноуровневые системы управления, в которых управление объектом осуществляется с одного пункта управления, называются централизованными. Одноуровневые системы, в которых отдельные части сложного объекта управляются из самостоятельных пунктов управления, называются децентрализованными. В данном дипломном

проекте структура управления манипулятором рассматривается как централизованная.

Составим структурную схему управления одним приводом манипулятора.

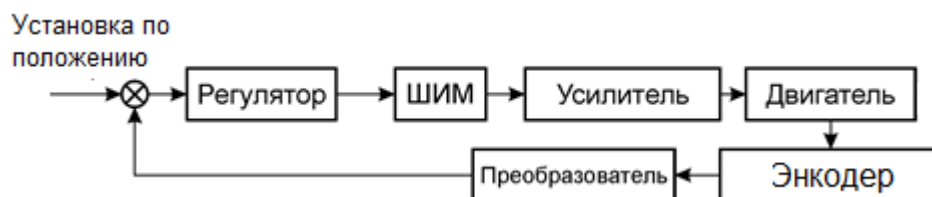


Рисунок 5.1 – Структурная схема управления одним приводом робота

Структурная схема на рисунке 5.1 является стандартной схемой управления с обратной связью по положению. Поскольку манипулятор состоит из трёх практически одинаковых звеньев, можно составить общую структурную схему. В нашем случае структурная схема изменению не подвергалась, поэтому она будет выглядеть следующим образом:

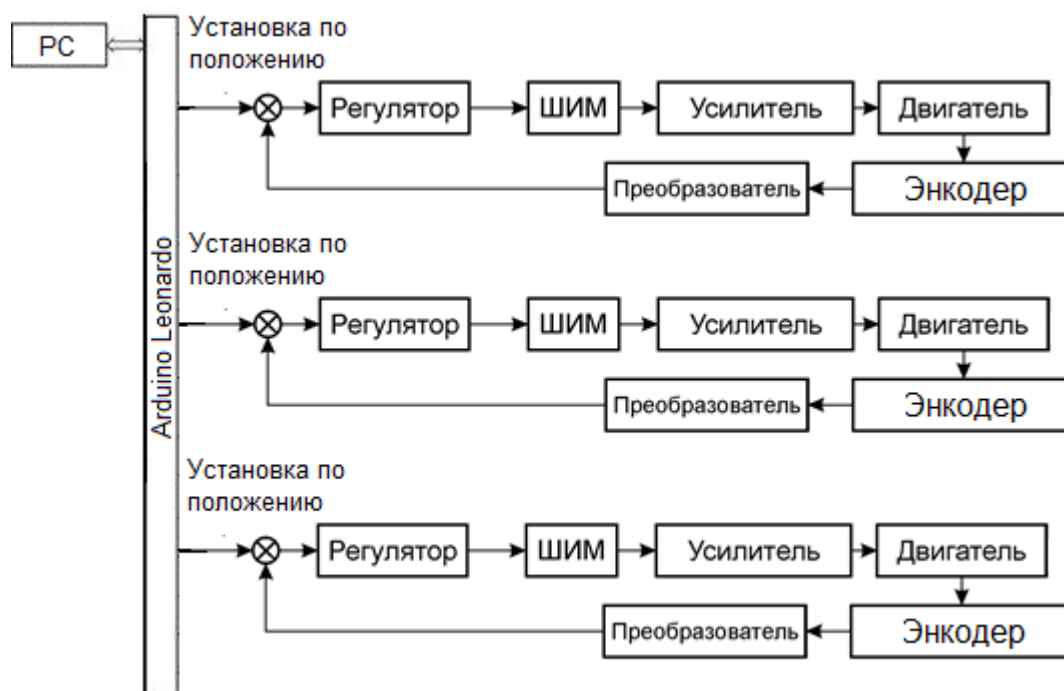


Рисунок 5.2 – Структурная схема управления манипулятором «Электроника НЦ ТМ – 01»

5.2 Разработка принципиальной электрической схемы

Схема электрическая принципиальная (СЭП) (приложение А) это проектный документ, определяющий полный состав электрической части и связей между ее элементами, а также дающий детальное представление о принципах работы системы.

СЭП силовой части. Согласно приложению А, напряжение от источника постоянного тока -24 В поступает на истоки транзисторов VT1 - VT9. А напряжение +24 В поступает на первичную обмотку реле K1 - K8.

При открытии транзисторов VT1 - VT3, напряжение от их стоков поступает на вторичную обмотку реле K1 – K6. Пары реле K1 и K2, K3 и K4, K5 и K6 служат для реверса направления двигателей. При переключении контактов реле, положительное (отрицательное) напряжение от реле K1 и отрицательное (положительное) напряжение от реле K2 поступает на обмотки двигателей постоянного тока M1 и M2, соединённых параллельно. Аналогично для реле K3 – K6 и двигателей M3 – M5.

При переключении контактов реле K7 и K8 положительное напряжение от источника питания попадает на катушки электромагнитных тормозов T1 - T4, которые разжимают валы электродвигателей.

При открытии транзисторов VT4 – VT9, напряжение от их стоков поступает на отрицательные контакты пневматических клапанов FL1 – FL6.

СЭП системы управления. В соответствии со схемой приложения А, по кабелю USB управляющая программа поступает на контроллер D1, который формирует сигнал включения двигателей M1 – M5, электромагнитных тормозов T1 – T4, пневматических клапанов FL1 – FL6.

Данные о положении двигателей поступают с энкодеров, которые представлены оптопарами HL1-9 и BL1-9.

Управляющие сигналы от контроллера D1 через резисторы R1 - R3 поступают на затворы транзисторов VT1 – VT3.

Управляющие сигналы от контроллера D1 поступают на сдвиговые регистры D2 и D3. Сигналы со сдвигового регистра D2 через резисторы R22 – R27 поступают на затворы транзисторов VT4 – VT9. Сигналы со сдвигового регистра D3 поступают на модуль реле D4.

5.3 Общая функциональная схема управления манипулятором

Функциональная схема – документ, разъясняющий процессы, протекающие в отдельных функциональных цепях изделия (установки) или изделия (установки) в целом. Функциональная схема является поясняющим материалом отдельных видов процессов, протекающих в целостных функциональных блоках и цепях устройства.

Схема функционирования представлена двумя отдельными схемами, которые работают над решением одной задачи – управлением положением схвата манипулятора. Описание каждой в отдельности было предоставлено ранее.

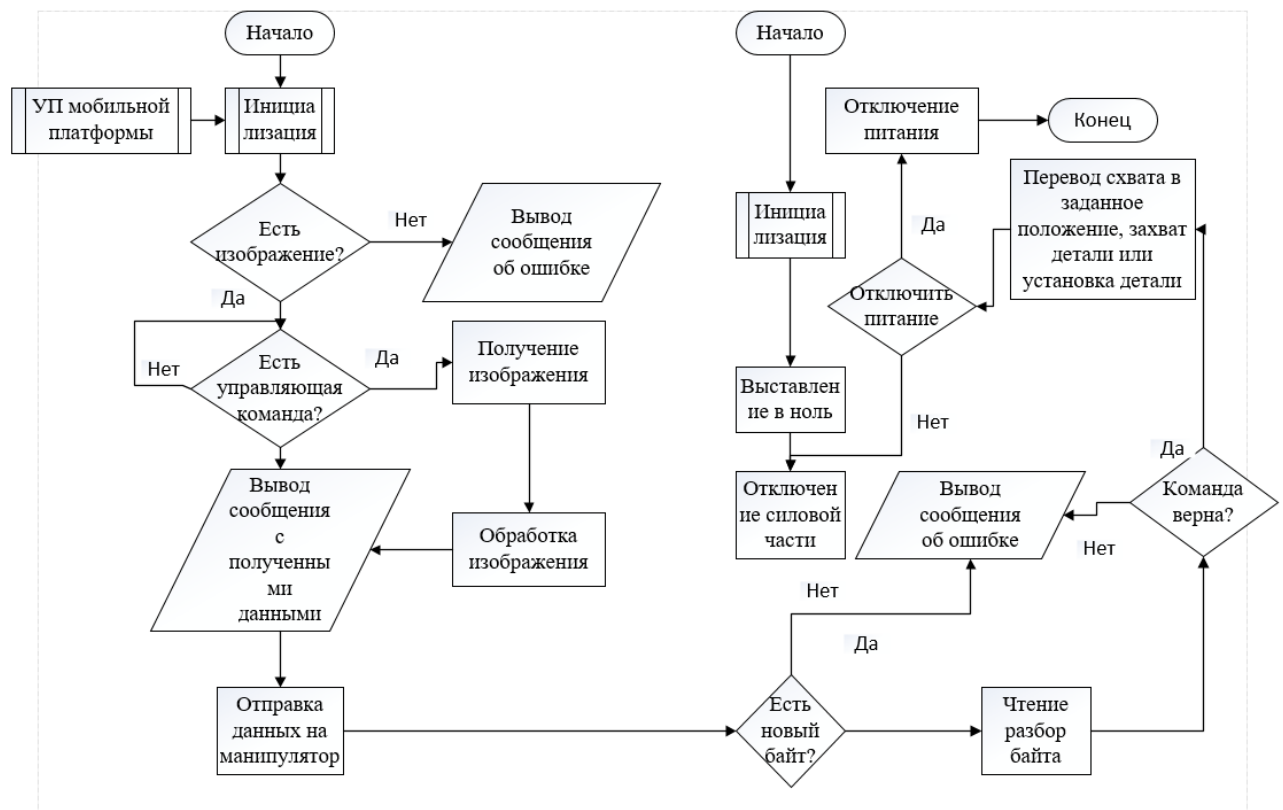


Рисунок 5.3 – Общая схема функционирования управляющей программы

6. Экспериментальное исследование

В связи с тем, что на манипуляторе нет жёсткой системы торможения и установки положения оси вращения существует возможность невыполнения заданных пользователем функций, а именно точного перемещения схвата до определённой точки. Чтобы исключить данную погрешность или существенно снизить её влияние требуется:

- исследовать инертность по перемещению каждой из осей;
- узнать требуемое количество тиков энкодера оси вращения для прохождения им от нулевого положения в крайнее левое и крайнее правое и отрегулировать согласно рисунку 6.1;
- проверить соответствие считываемых значений с энкодера для оси вращения (рисунок 6.1);
- исследовать скорость перемещения каждой из осей.

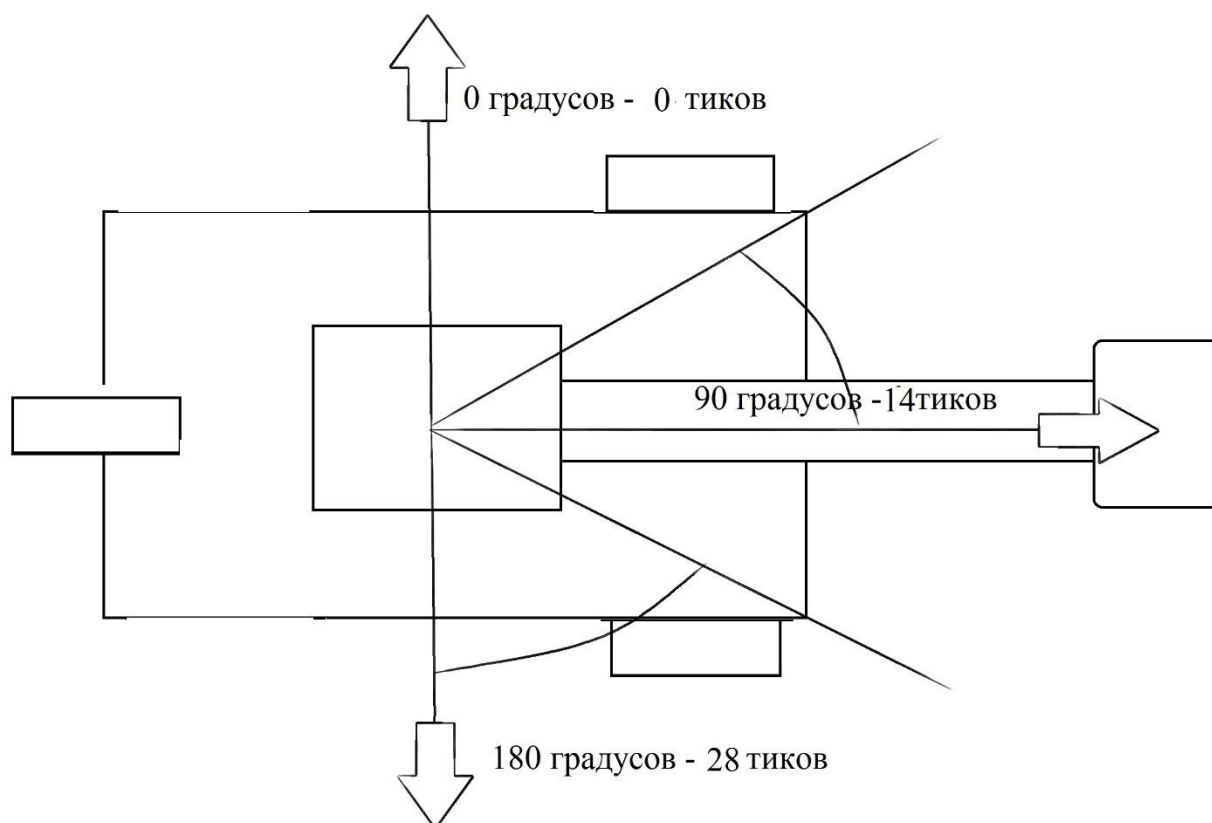


Рисунок 7.1 – Зависимость количества тиков энкодера от положения оси вращения манипулятора

Было выявлено, что требуется диск с большим количеством отверстий для оптрона, т.к. инертность при данном количестве отверстий слишком велика и невозможно добиться точного управления манипулятором, что делает невозможным достижение некоторых из координат для схвата манипулятора.

При исследовании скоростных характеристик было выявлено, что:

- для оси X и Y не имеет значение скорость передвижения, т.к. торможение и остановка передвижения происходит в доли секунд и отсутствует какая либо заметная инертность;

- для оси Z требуется более плавная регулировка по скорости, поэтому для передвижения по оси вращения мы задаём минимальную скорость, т.к. при высокой скорости имеется большая инертность по передвижению и схват может отдалиться на 4-6 градусов от необходимой точки.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

7 Учебное-методическое обеспечение

Лабораторная работа №1 – Манипулятор Электроника НЦ ТМ-01

Цель работы: Изучение предоставленных материалов по манипулятору:

- изучение принципиальной электрической схемы;
- изучение функциональной схемы;
- изучение структурной схемы;
- подключение силового питания к манипулятору;
- изучение устройства манипулятора.

Краткие теоретические сведения

Технические характеристики робота Электроника НЦ ТМ-01. Промышленный робот «Электроника НЦ ТМ - 01» предназначен для обслуживания токарных станков, а именно для загрузки и выгрузки деталей типа тел вращения диаметром до 150 мм и высотой до 150 мм, а также может использоваться при производстве деталей электронной промышленности.

Таблица 7.1 – Технические характеристики робота Электроника НЦ ТМ-01

Наименование параметров	Фактические значения
Горизонтальное перемещение схватов по оси X, м	- не менее 0,30
Средняя скорость перемещения по оси X, м/с	- не менее 0,04
Горизонтальное перемещение схватов по оси Y, м	- не менее 0,30
Средняя скорость перемещения по оси Y, м/с	- не менее 0,08
Вертикальное перемещение схватов по оси Z, м	- не менее 0,16
Средняя скорость перемещения по оси Z, м/с	- не менее 0,032
Рабочее перемещение каждого кулачка механизма захвата деталей, мм	- не менее 5
Погрешность позиционирования в автоматическом режиме, мм	- не хуже $\pm 0,5$
Грузоподъемность робота, кг	- $2 \times 3,0$

Манипулятор электромеханического промышленного робота «Электроника НЦ ТМ-01» состоит из следующих конструктивных узлов: механизма горизонтального перемещения по оси X, механизма поворота, механизма горизонтального перемещения по оси Y, механизма подъема по оси Z, механизма захвата детали, блока подготовки воздуха – компрессорный блок.

Принципиальная, структурная и функциональная схема с пояснениями предоставлены в соответствующем приложении.

Задание и порядок выполнения работы:

1. По предоставленным схемам разобраться в принципе и устройстве работы манипулятора Электроника НЦ ТМ-01.
2. Проверить подключение внешней видимой проводки по данным со схем и описаний.
3. Проверить крепления платы Arduino Leonardo.
4. Подключить силовое питание к манипулятору.

Отчёт по лабораторной работе должен содержать:

1. Принципиальную схему с описанием каждого из элементов;
2. Структурную и функциональную схему с описанием происходящих в них процессов.

Лабораторная работа №2 – Программного обеспечения (ПО) манипулятора Электроника НЦ ТМ-01

Цель работы: Проверка и отладка работы ПО манипулятора:

- изучение ПО главного органа управления – Arduino Leonardo;
- изучение ПО для технического зрения;
- проверка инертности энкодеров;
- проверка работоспособности датчиков конечного положения;
- подключение питания к Arduino Leonardo, отладка и загрузка управляющей программы.

Краткие теоретические сведения

В связи с тем, что на манипуляторе нет жёсткой системы торможения и установки положения оси вращения существует возможность невыполнения заданных пользователем функций, а именно точного перемещения схвата до определённой точки. Чтобы исключить данную погрешность или существенно снизить её влияние требуется:

- проверить инертность по перемещению каждой из осей;
- проверить требуемое количество тиков энкодера оси вращения для прохождения им от нулевого положения в крайнее левое и крайнее правое и отрегулировать согласно рисунку 7.1.

Так же нужно проконтролировать заданную в программе скорость по перемещению осей, в частности оси Z, т.к. если будет задана максимальная скорость – 255 условных единиц, то может произойти поломка шестерни установленной на данной оси или возникнет слишком большая инертность и последующие операции будут выполняться некорректно.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

При первом запуске манипулятора (подключении питания и загрузке управляющей программы), требуется:

- проверить текущее состояние оси вращения (CPRA) и внести изменения в программу, исходя из сопоставления положения оси и количества тиков энкодера;
- проверить соответствие считываемых значений с энкодера для оси вращения (рисунок 7.1), если они отличаются от заложенных в программе, то внести изменения в соответствующую строку программы.

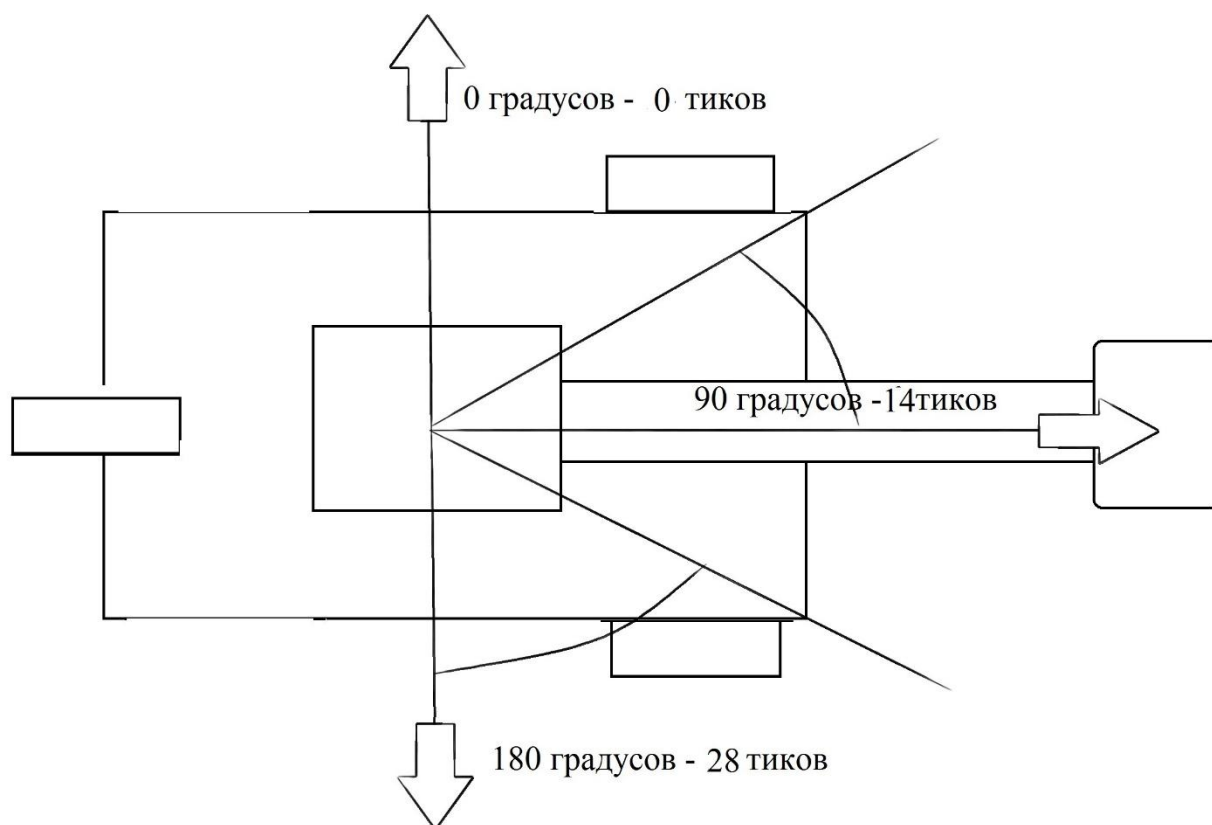


Рисунок 7.1 – Зависимость количества тиков энкодера от положения оси вращения манипулятора

Управляющие программы с комментариями предоставлены в соответствующем приложении.

Задание и порядок выполнения работы:

1. Изучить управляющие программы для технического зрения и управления манипулятором.
2. С помощью веб-камеры сделать фотографию некоторых деталей и проверить работоспособность программы.
3. Внести изменения в ПО для манипулятора при изменённых данных поступающих с датчиков конечного положения.
4. Внести данные полученные из программы для технического зрения в Arduino и проверить правильность её выполнения.

Отчёт по лабораторной работе должен содержать:

1. Код управляющей программы;
2. Список внесённых изменений в ПО;
3. Данные по проведённым исследованиям.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

8 Технико-экономическое обоснование проекта

Целью технико-экономического расчета является определение затрат на разработку, изготовление и наладку установки, которые определяются путем составления калькуляции плановой себестоимости.

Калькуляция плановой себестоимости разработки и изготовления системы составляется по следующим статьям затрат:

- основная заработная плата;
- дополнительная заработная плата;
- отчисление на социальное страхование;
- накладные расходы;
- электроэнергия;
- амортизация используемого оборудования;
- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты.

Заработная плата определяется исходя из должностных окладов работающих, занятых в производстве: ведущий инженер, по 13 разряду – оклад 8300 рублей, лаборант, по 7 разряду – оклад 10000 рублей. Основная заработная плата включает в себя оплату труда работников, занятых проектированием, монтажом и наладкой оборудования и аппаратуры.

Перечень и стоимость покупных изделий и деталей, инструмента и вспомогательных материалов, монтажных материалов взяты из соотношения рыночных цен, в период изготовления модели.

При выполнении технико-экономического анализа следует иметь в виду, что основной смысл его заключается не в расчете показателей по соответствующей методике, а в системном анализе решений, принимаемых в процессе проектирования на основе использования методов функционального и структурного стоимостного анализа. Расчет величин показателей должен сопровождать процесс проектирования и давать количественную оценку принимаемого в проекте решения, а не являться самоцелью проектирования.

Проводить расчет экономической эффективности целесообразно, если проектируемая система будет перенесена в реальное производство.

8.1 Экспертный анализ объектов разработки

Для оценки экономической эффективности, используются методики анализа: экспертный метод, бальный метод, позволяющие оценить уровень конкурентоспособности продукции по качественным и стоимостным показателям по сравнению с существующими на рынке товарами-аналогами конкурентов предприятия.

Для сравнения в работе приводится сравнение стоимости камер, имеющих различные технические и стоимостные характеристики.

Для выбора оптимального варианта, составим морфологическую матрицу, где:

X1 – стоимость, тыс. руб.;

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

Третья характеристика – тип подключения, самая важная характеристика, т.к. требуется, чтобы сигналы управления подавались с персонального компьютера (ПК).

Четвёртая характеристика – тип питания, так же важнейшая часть камеры, т.к. от типа питания так же зависит возможность дистанционного управления.

Пятая характеристика – время работы без подзарядки, для камер, питающихся от батарейки это важный аспект, т.к. наше устройство должно работать непрерывно около 6 часов.

Шестая характеристика – сложность установки, имеет смысл только при возможных заменах или ремонте самой камеры или манипулятора.

Седьмая характеристика – габариты, чем меньше, тем лучше, т.к. камера должна быть возле захватного устройства манипулятора, который работает в ограниченном пространстве.

Восьмая характеристика – подсветка, дополнительная функция, которая может потребоваться в ситуациях, в которых, на месте работы манипулятора может отключиться питание, но если такое и произойдёт, то работа должна остановиться в принципе, поэтому эту характеристику мы не будем принимать при расчёте.

В результате мы видим, что М1 и М2 существенно превосходят другие представленные камеры по представленным характеристикам. Но для окончательного выбора потребуется воспользоваться методами оценки конкурентоспособности.

Теперь проведем экспертную оценку. Для этого осуществим попарное сравнение основных параметров существующего МР и разработанного МК.

Экспертный метод оценки конкурентоспособности

Проведем экспертный метод оценки конкурентоспособности мобильных устройств. Анализ будем проводить по ряду параметров (X_i):

X_1 – стоимость, тыс. руб.;

X_2 – разрешение видео, пикс;

X_3 – тип подключения (связь с СУ (беспроводное (1), usb–кабель (2)));

X_4 – тип питания (сеть(1), батарейка(2));

X_5 – время работы без подзарядки, мин;

X_6 – сложность установки и эксплуатации (требуется дополнительные крепления (1), не требуются дополнительные крепления (2));

X_7 – габариты (длина, ширина, высота), мм;

Таблица 8.2 - Таблица приоритетности

	<i>X1</i>	<i>X2</i>	<i>X3</i>	<i>X4</i>	<i>X5</i>	<i>X6</i>	<i>X7</i>	<i>B_i</i>	<i>B_i'</i>
<i>X1</i>	=1	>1.5	<0.5	<0.5	<0.5	>1.5	<0.5	6.0	0.122
<i>X2</i>	<0.5	=1	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	4.0	0.081
<i>X3</i>	>1.5	>1.5	=1	=1	=1	>1.5	=1	8.5	0.174
<i>X4</i>	>1.5	>1.5	=1	=1	=1	>1.5	=1	8.5	0.174
<i>X5</i>	>1.5	>1.5	=1	=1	=1	>1.5	=1	8.5	0.174
<i>X6</i>	<0.5	>1.5	<0.5	<0.5	<0.5	=1	<0.5	5.0	0.101
<i>X7</i>	>1.5	>1.5	=1	=1	=1	>1.5	=1	8.5	0.174
<i>B</i>								49	1.000

Для полного анализа и определения конкурентоспособной модели необходимо осуществить бальную оценку каждого параметра для каждой системы (количество баллов 1–5).

Таблица 8.3 – Сводная таблица

<i>B_i'</i>	0.122	0.081	0.174	0.174	0.174	0.101	0.174
Параметры	<i>X1</i>	<i>X2</i>	<i>X3</i>	<i>X4</i>	<i>X5</i>	<i>X6</i>	<i>X7</i>
Камера							
М1	4	4	5	5	3	4	4
М2	4	5	5	5	4	4	5
М3	4	4	3	4	3	4	5
М4	5	4	3	4	3	4	5
М5	5	5	3	4	3	4	5
М6	5	5	3	4	3	4	3
М7	2	4	5	5	3	4	4

Произведем расчет конкурентоспособности по формуле, представленной ниже:

$$K_j = \sum_{i=1}^n X_{ij} \cdot B_i' \quad (8.1)$$

$$K_{M1} = 0.122 \cdot 4 + 0.081 \cdot 4 + 0.174 \cdot 5 + 0.174 \cdot 5 + 0.174 \cdot 3 + 0.101 \cdot 4 + 0.174 \cdot 4 = 6.826 \quad (8.2)$$

$$K_{M2} = 0.122 \cdot 4 + 0.081 \cdot 5 + 0.174 \cdot 5 + 0.174 \cdot 5 + 0.174 \cdot 4 + 0.101 \cdot 4 + 0.174 \cdot 5 = 8.081 \quad (8.3)$$

$$K_{M3} = 0.122 \cdot 4 + 0.081 \cdot 4 + 0.174 \cdot 3 + 0.174 \cdot 4 + 0.174 \cdot 3 + 0.101 \cdot 4 +$$

$$+ 0.174 \cdot 5 = 6.478 \quad (8.4)$$

$$K_{M4} = 0.122 \cdot 5 + 0.081 \cdot 4 + 0.174 \cdot 3 + 0.174 \cdot 4 + 0.174 \cdot 3 + 0.101 \cdot 4 +$$

$$+ 0.174 \cdot 5 = 6.600 \quad (8.5)$$

$$K_{M5} = 0.122 \cdot 5 + 0.081 \cdot 5 + 0.174 \cdot 3 + 0.174 \cdot 4 + 0.174 \cdot 3 + 0.101 \cdot 4 +$$

$$+ 0.174 \cdot 5 = 6.681 \quad (8.6)$$

$$K_{M6} = 0.122 \cdot 5 + 0.081 \cdot 5 + 0.174 \cdot 3 + 0.174 \cdot 4 + 0.174 \cdot 3 + 0.101 \cdot 4 +$$

$$+ 0.174 \cdot 3 = 6.333 \quad (8.7)$$

$$K_{M7} = 0.122 \cdot 2 + 0.081 \cdot 4 + 0.174 \cdot 5 + 0.174 \cdot 5 + 0.174 \cdot 3 + 0.101 \cdot 4 +$$

$$+ 0.174 \cdot 4 = 6.582 \quad (8.8)$$

В результате получается, что модель М2 имеет наибольший коэффициент конкурентоспособности, который позволяет сказать, что камера М2 является наиболее предпочтительной исходя из наших требований.

8.2 Расчет стоимости модернизации манипуляционного робота

Все затраты на покупные изделия и вспомогательное оборудование представлено в таблице 5.

Таблица 8.4 – Затраты на покупные изделия

Наименование изделия	Тип	Ед. изм.	Кол-во	Цена с НДС, руб.	Сумма, руб.
1 Датчик конечного положения	ДКП-2	шт.	2	250	500
2 Датчик препятствий	TCRT500 0L	шт.	1	120	120
3 Веб-камера Logitech Webcam	C100	шт.	1	720	720
4 Компрессор Агрессор с ресивером	AGR-6LT	шт.	1	5220	5220
5 Микроконтроллер Arduino	Rev-3	шт.	1	1780	1780
6 Трубка термоусадочная	M5	м.	3	17	51
7 Полиамидная трубка	TRN	шт.	1	58.12	58.12
8 wi-fi-роутер TP-LINK	TL-MR3020	шт.	1	1500	1500
9 Пневмораспределители SMC	SY3260-5LOU-C6-Q	шт.	3	2500	7500
10 Регулятор давления RP-182	R 1/4 GAV 22922	шт.	1	1314.82	1314.82

Продолжение таблицы 8.4

Всего стоимость изделий и деталей составила:	18763.94
Транспортные расходы (2%):	375.28
Монтаж оборудования (25%):	4690.99
Всего:	23830.21

Таблица 8.5 – Стоимость основного оборудования и ПО

Наименование	Количество, шт	Стоимость, руб
1 Персональный компьютер DELL	1	30000
2 Microsoft Windows 10	1	6000
3 Microsoft Office 2015	1	15000
4 SolidWorks	1	48000
5 Matlab	1	150000
Общая стоимость	249000	

8.3 Расчет фонда заработной платы разработчикам

В период разработки установки оклад ведущего инженера $S_{\text{ОКЛ.ИТР}}$ составил 8300 рублей в месяц.

Определим дневную заработную плату ведущего инженера

$$S_{\text{ЗП.ДН.ИНЖ}} = \frac{S_{\text{ОКЛ.ИТР}}}{N}, \quad (8.9)$$

где N - число рабочих дней в месяце.

$$S_{\text{ЗП.ДН.ИНЖ}} = \frac{8300}{21} = 395.24 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата руководителя дипломного проекта

$$S_{\text{ОСН.ИНЖ}} = S_{\text{ЗП.ДН.ИНЖ}} \cdot n, \quad (8.10)$$

где $n = 84$ – число рабочих дней за четыре месяца работы

$$S_{ОСН.ИНЖ} = 714 \cdot 84 = 33200 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата руководителя дипломного проекта составила

$$S_{ДОП.ИНЖ} = S_{ОСН.ИНЖ} \cdot k_{ДЗ}, \quad (8.11)$$

где $k_{ДЗ}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, $k_{ДЗ} = 0.2$.

$$S_{ДОП.ИНЖ} = 33200 \cdot 0.2 = 6640 \text{ руб.}$$

Выплата районного коэффициента руководителю дипломного проекта рассчитывается по формуле

$$S_{РК.ИНЖ} = (S_{ОСН.ИНЖ} + S_{ДОП.ИНЖ}) \cdot k_{РК}, \quad (8.12)$$

где $k_{РК}$ – районный коэффициент, для Красноярска $k_{РК} = 0.2$.

$$S_{РК.ИНЖ} = (33200 + 6640) \cdot 0.2 = 7968 \text{ руб.}$$

Выплата северного коэффициента руководителю дипломного проекта рассчитывается по формуле

$$S_{СК.ИНЖ} = (S_{ОСН.ИНЖ} + S_{ДОП.ИНЖ}) \cdot k_{СК}, \quad (8.13)$$

где $k_{СК}$ – северный коэффициент, для Красноярска $k_{СК} = 0.3$.

$$S_{СК.ИНЖ} = (33200 + 6640) \cdot 0.3 = 11952 \text{ руб.}$$

Фонд оплаты труда ведущего инженера без отчислений на социальные нужды

$$\Phi_{ОТ.ИНЖ} = S_{ОСН.ИНЖ} + S_{ДОП.ИНЖ} + S_{РК.ИНЖ} + S_{СК.ИНЖ}, \quad (8.14)$$

$$\Phi_{ОТ.ИНЖ} = 33200 + 6640 + 7968 + 11952 = 59760 \text{ руб.}$$

В период разработки установки оклад лаборанта составил $S_{ОКЛ.ЛАБ}$ составил 10000 рублей в месяц.

Определим дневную заработную плату лаборанта

$$S_{ЗП.ДН.Л} = \frac{S_{ОКЛ.ЛАБ}}{N}, \quad (8.15)$$

где N - число рабочих дней в месяце.

$$S_{ЗП.ДН.Л} = \frac{10000}{21} = 476 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата лаборанта

$$S_{ОСН.Л} = S_{ЗП.ДН.Л} \cdot n, \quad (8.16)$$

где $n = 84$ – число рабочих дней за четыре месяца работы.

$$S_{ОСН.Л} = 476 \cdot 84 = 39984 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата лаборанта составила

$$S_{ДОП.Л} = S_{ОСН.Л} \cdot k_{ДЗ}, \quad (8.17)$$

где $k_{ДЗ}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, $k_{ДЗ} = 0.2$.

$$S_{ДОП.Л} = 39984 \cdot 0.2 = 7997 \text{ руб.}$$

Выплата районного коэффициента лаборанту

$$S_{РК.Л} = (S_{ОСН.Л} + S_{ДОП.Л}) \cdot k_{РК}, \quad (8.18)$$

где $k_{РК}$ – районный коэффициент, для Красноярска $k_{РК} = 0.2$.

$$S_{РК.Л} = (39984 + 7997) \cdot 0.2 = 9597 \text{ руб.}$$

Выплата северного коэффициента лаборанту

$$S_{СК.Л} = (S_{ОСН.Л} + S_{ДОП.Л}) \cdot k_{СК}, \quad (8.19)$$

где $k_{СК}$ – северный коэффициент, для Красноярска $k_{СК} = 0.3$.

$$S_{СК.Л} = (39984 + 7997) \cdot 0.3 = 14395 \text{ руб.}$$

Фонд оплаты труда лаборанта без отчислений на социальные нужды

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

$$\Phi_{OT..Л} = S_{ОСН..Л} + S_{ДОП..Л} + S_{РК..Л} + S_{СК..Л}, \quad (8.20)$$

$$\Phi_{OT..Л} = 39984 + 7997 + 9597 + 14395 = 71973 \text{ руб.}$$

Выплата за выслугу лет работникам, не имеющим стажа, не производится.

Полностью фонд заработной платы всех работников без отчислений на социальные нужды

$$\Phi_{OT.OБЩ} = \Phi_{OT.ИНЖ} + S_{OT..Л}, \quad (8.21)$$

$$\Phi_{OT.OБЩ} = 59760 + 71973 = 131733 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды определяются по формуле

$$R_{СОЦ} = R_{СОЦ} \cdot (S_{ОСН.ИНЖ} + S_{ДОП.ИНЖ} + S_{ОСН..Л} + S_{ДОП..Л}), \quad (8.22)$$

где $R_{СОЦ}$ – коэффициент отчислений на социальные нужды состоит из двух составляющих: единого социального налога $R_{ЕСН} = 26\%$ и тарифа на обязательное медицинское страхование и профессиональные заболевания $R_{ОМС} = 0.2\%$.

$$R_{СОЦ} = (0.26 + 0.2) \cdot (33200 + 6640 + 39984 + 7997) = 40397.66 \text{ руб.}$$

Всего фонд оплаты труда с отчислениями на социальные нужды

$$\Phi_{ОТС} = \Phi_{OT.OБЩ} + S_{СОЦ}, \quad (8.23)$$

$$\Phi_{ОТС} = 131733 + 40397.66 = 172130.66 \text{ руб.}$$

8.4 Расходы на аренду помещения

Расходы на аренду помещения за время разработки системы составили

$$З_{АП} = З_A \cdot П \cdot T_P, \quad (8.24)$$

где $З_A$ – стоимость аренды 1 м^2 площади, рублей;

$П$ – площадь помещения, м^2 ;

T_P – продолжительность этапа разработки, мес.

$$З_{АП} = 2000 \cdot 25 \cdot 4 = 200000 \text{ руб.}$$

8.5 Затраты на электроэнергию

Исходные данные для расчета стоимости электроэнергии:

- мощность, потребляемая ПК с монитором – 220 Вт;
- мощность, потребляемая генератором – 150 Вт;
- мощность, потребляемая лампой дневного света – 40 Вт;
- количество ламп в помещении – 6 шт.

Расходы на электроэнергию в день:

$$S_{ЭЛ.Д} = (P_{ПК} + P_{ГЕН} + P_{Л} \cdot n) \cdot N_{ч} \cdot T_{ЭЛ}, \quad (8.25)$$

где $P_{ПК}$ – мощность, потребляемая ПК с монитором;

$P_{Э}$ – мощность, потребляемая генератором;

$P_{Л}$ – мощность, потребляемая лампой дневного света;

n – Количество ламп дневного света;

$T_{ЭЛ}$ – тариф на электроэнергию;

$N_{ч}$ – часов рабочий день.

$$S_{ЭЛ.Д} = (0.22 + 0.15 + 0.04 \cdot 6) \cdot 8 \cdot 1.83 = 6.765 \text{ руб.} \quad (8.26)$$

Расходы на электроэнергию, затраченную на разработку:

$$S_{ЭЛ} = S_{ЭЛ.Д} \cdot N, \quad (8.27)$$

где N – количество дней:

$$S_{ЭЛ} = 6.765 \cdot 84 = 568.26 \text{ руб.} \quad (8.28)$$

8.6 Амортизационные отчисления

Капитальные затраты вычисляются по формуле

$$S_{КАП.З} = S_{ДЕТ} + S_{МО} + S_{ТР.Р}, \quad (8.29)$$

где $S_{ДЕТ}$ – стоимость покупных изделий;

$S_{МЧ}$ – стоимость монтажа оборудования;

$S_{ТР.Р}$ – транспортные расходы.

$$S_{КАП.З} = 18763.94 + 4690.99 + 375.28 = 23830.21 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

$$S_{AM} = S_{КАП.З} \cdot k_A, \quad (8.30)$$

где k_A – коэффициент амортизационных отчислений, зависит от срока эксплуатации установки, при сроке эксплуатации 4 года $k_A = 0.25$.

$$S_{AM} = 23830.21 \cdot 0.25 = 5957.55 \text{ руб.}$$

Расходы на проведение текущего ремонта и обслуживание

$$S_{ТПО} = S_{КАП.З} \cdot k_{ТПО}, \quad (8.31)$$

где $k_{ТПО}$ – коэффициент отчислений на проведение текущего ремонта и обслуживание, $k_{ТПО} = 0.04$.

$$\text{Тогда } S_{ТПО} = 23830.21 \cdot 0.04 = 953.21 \text{ руб.}$$

8.7 Расчет сметы затрат на модернизацию манипулятора МР

Все затраты, связанные с расходами на модернизацию манипуляционного робота приведены в таблице 7.

Таблица 8.6 – Затраты на разработку и отладку системы управления

Наименование затрат	Сумма затрат, руб.
Затраты на основное оборудование	23830.21
Фонд оплаты труда	172130.66
Затраты на амортизацию оборудования	5957.55
Расходы на аренду помещения	200000.00
Затраты на электроэнергию	568.26
Стоимость основного оборудования и ПО	249000
Итого	651486.68

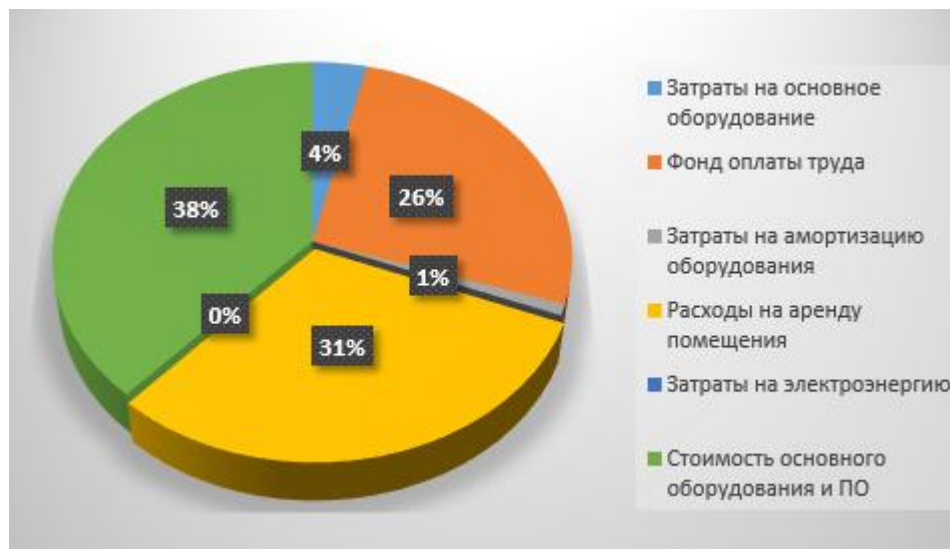


Рисунок 8.1 – Диаграмма затрат на модернизацию манипулятора мобильного робота

9 Безопасность и экологичность проекта

Целью данного раздела является показать безопасность и экологичность дипломного проекта, основная тема которого: модернизация манипулятора мобильного комплекса. Работа нацелена на модернизацию электрических и механических элементов промышленного манипулятора Электроника НЦ ТМ–01 и проектирование системы управления.

9.1 Безопасность оборудования

Оборудование манипулятора должно обеспечивать требования безопасности при монтажных работах, эксплуатации и ремонте, транспортировании и хранении.

Большая часть мер безопасности реализована на проектном этапе. На этом уровне проектирования в конструкцию оборудования закладываются более пяти десятков различных требований безопасности в соответствии с положениями более двух десятков стандартов системы стандартов безопасности труда(ССБТ) и других нормативных документов.

Безопасность лабораторного оборудования в соответствии с требованиями ГОСТ 12.0.001, ГОСТ12.2.003, ГОСТ12.2.026 и ГОСТ12.0.003 обеспечивается:

- выбором принципов действия, конструктивных схем, безопасных элементов конструкции и т. п.;
- применением в конструкции безопасных материалов и веществ;
- применением в конструкции средств механизации, автоматизации и дистанционного управления;
- выполнением эргономических и эстетических требований;
- выбором безопасных органов управления;
- применением в конструкции средств защиты;
- соблюдением требований безопасности при эксплуатации, монтажных работах, транспортировании и хранении;
- размещением оборудования на площадке;
- профессиональным отбором и обучением работающих;
- выбором электрооборудования и конструкции оборудования с учетом пожарной безопасности;
- включением требований безопасности в техническую документацию по монтажу, эксплуатации, ремонту, транспортированию и хранению;
- контролем за соблюдением требований безопасности, правил эксплуатации и трудового законодательства по охране труда работающими.

В данном проекте разработаны меры по обеспечению безопасной эксплуатации оборудования в течение всего срока службы.

Оборудование манипулятора при эксплуатации и в условиях, установленных эксплуатационной и ремонтной документацией по ГОСТ 2.601 и ГОСТ 2.602, не должно создавать опасности в чрезвычайных ситуациях в

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

результате воздействия влажности, высокой температуры, солнечной радиации, механических колебаний, высоких и низких давлений, агрессивных веществ, ветровых нагрузок, обледенения и других негативных факторов, которые имеют место при чрезвычайных ситуациях.

9.2 Безопасность элементов конструкции

Элементами конструкции манипулятора являются электроприводы, которые соответствуют требованиям безопасности ГОСТ 12.1.019-79:

- электропривод обеспечивает безопасность работающих при вводе в эксплуатацию и эксплуатации, как в случае автономного использования, так и в составе технологических комплексов при соблюдении требований (условий, правил), предусмотренных эксплуатационной документацией;
- материалы электропривода не окажут опасное и вредное воздействие на организм человека на всех заданных режимах работы и предусмотренных условиях эксплуатации, а также не создадут пожаровзрывоопасных ситуаций, т.к. выбраны материалы с классом опасности 4 и не пожаровзрывоопасны;
- для устранения опасности поражения электрическим током в случае прикосновения к корпусу и к другим не токоведущим частям электроустановки, оказавшимся под напряжением, применяется защитное зануление. Доступные металлические части оборудования, которые могут оказаться под напряжением при повреждении изоляции, должны быть надежно электрически соединены короткими проводниками с заземляющим проводом;
- конструкция электропривода и его отдельных частей исключает возможность их падения, опрокидывания и самопроизвольного смещения при всех предусмотренных условиях эксплуатации и монтажа (демонтажа), т.к. спроектированные сочленяемые узлы и детали предполагается выполнить с достаточным запасом прочности;
- элементы конструкции электропривода не имеют острых углов, кромок, заусенцев и поверхностей с неровностями, представляющих опасность травмирования работающих;
- конструкция электропривода исключает самопроизвольное ослабление или разъединение креплений сборочных единиц и деталей, за счёт надёжного крепления. Опрокидывание исключено тем, что конструкция жёстко закреплена с корпусом стойки лабораторного стенда;
- проведение измерения физических величин при помощи ручных измерительных инструментов разрешается только при обеспечении мер, исключающих возможность контакта, работающего с токоведущими частями.
- Компрессор включённый в состав мобильного комплекса отвечает всем требованиям безопасности.

9.3 Безопасность исходных материалов

Безопасность электропривода обеспечивается использованием в конструкции безопасных материалов и веществ. Согласно требованиям, ГОСТ 12.3.002-75:

- материалы конструкции электропривода не оказывают вредного действия на работающих. При использовании материалов, которые могут оказывать вредное воздействие, предусмотрены соответствующие средства защиты работающих;
- использование новых веществ и материалов разрешено только после утверждения в установленном порядке соответствующих гигиенических нормативов.

Таблица 9.1 – Материалы, входящие в конструкцию оборудования

Наименование материалов	Класс опасности
Каркас установки из металла	4
Электрические силовые и контрольные кабели	4
Пластиковая окантовка корпуса	4
Стальная станина для ЭД	4

материалы прошли гигиеническую проверку и проверку на пожароопасность. Материалы конструкции оборудования (таблица 7.1) не оказывают опасного и вредного воздействия на организм человека на всех заданных режимах работы и предусмотренных условиях эксплуатации, а также не создают пожаровзрывоопасные ситуации.

9.4 Механизация и автоматизация технологических операций

Измерение положения проводят с помощью энкодеров, у которых используется собственный источник света, следовательно, от освещённости помещения не зависит точность измеренных величин.

9.5 Безопасность органов управления

Конструкция органов управления электропривода обеспечивает оптимальные условия труда для управления установкой и была выполнена в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.064, ГОСТ 12.2.007, ГОСТ 12.2.061, ГОСТ 12.2.003:

- органы управления размещены на рабочем месте с учетом рабочей позы, функционального назначения органа управления, частоты применения, последовательности использования, функциональной связи с соответствующими средствами отображения информации;

- органы управления имеют средства экстренного (аварийного) или автоматического отключения;
- командные устройства (кнопки), снабжаются надписями или символами, указывающими управляемый объект, к которому они относятся, его назначение и состояние («включено», «отключено» и т.п.), соответствующее данному положению органа управления;
- органы управления, имеющие фиксацию в установленном положении, снабжены указателем, показывающим положение и необходимое направление перемещения органа управления.

9.6 Безопасность средств защиты, входящих в конструкцию

Средства защиты обеспечивают безопасность при эксплуатации электропривода и сконструированы с учетом требований ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.2.049, ГОСТ 12.2.061:

- средства защиты выполняют свое назначение непрерывно в процессе функционирования электропривода или при возникновении опасной ситуации;
- конструкция и расположение средств защиты не ограничивает технологические возможности оборудования, и обеспечивают удобство эксплуатации и технического обслуживания.

Таблица 9.2 – средства защиты, предусмотренные в манипулятора Электроника НЦ ТМ-01

Вил. тип средств защиты	Назначение	Способ крепления	Материалы для изготовления
Предупреждающие плакаты	Для оповещения рабочих об опасности	Вешаются	Бумага
Защитные ограждения	Для защиты работающих от опасности, создаваемой тепловым воздействием	Крепятся к каркасу	Древесина
Отключение	Для отключения от источника питания в случае протекания жидкого алюминия		
Тревожная сигнализация	Для оповещения рабочих об превышении температуры в отъёмной индукционной единице (на индукторе)		
Вил. тип средств защиты	Назначение	Способ крепления	Материалы для изготовления

9.7 Безопасность при монтажных и ремонтных работах

Безопасность при монтажных и ремонтных работах обеспечивается средствами защиты, инструментами и приспособлениями, которые удовлетворяют требованиям соответствующих государственных стандартов.

Средства защиты, инструменты и приспособления подвергаются осмотру и испытаниям.

К обслуживанию изделия допускаются лица, прошедшие специальный инструктаж и изучившие данное техническое описание и инструкцию по эксплуатации.

При монтаже и эксплуатации должны соблюдаться:

- правила устройства электроустановок;
- правила технической эксплуатации электроустановок потребителей;
- правила технической безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей.

9.8 Безопасность при транспортировке и хранении

Масса манипулятора приблизительно 80 кг, но так конструкция разборная то, нет необходимости в использовании грузоподъемных средств в процессе монтажа, транспортировки, хранения и ремонта на производственном оборудовании.

Конструкция частей манипулятора обеспечивает возможность надёжного закрепления её составных частей на транспортном средстве или в упаковочной таре, и имеет устройства для их фиксации в определённом положении.

9.9 Безопасность при размещении

Согласно требованиям, ГОСТ 12.3.002-75, ГОСТ 12.3.003-91, ГОСТ 12.3.061-81, СНиП 31-01-03:

- Рабочие и монтажные площадки, на которых выполняются работы вне производственных помещений, соответствуют требованиям действующих строительных норм и правил, а также правил, утвержденных органами государственного надзора;
- размещение электропривода соответствует действующим нормам технологического проектирования;
- организация рабочих мест отвечает требованиям безопасности с учетом эргономических требований, устанавливаемых в государственных стандартах на конкретные производственные процессы, производственное оборудование и рабочие места.

9.10 Требования безопасности к профессиональному отбору

К обслуживанию электропривода допускаются лица:

- имеющие профессиональную подготовку в высших или среднетехнических заведениях;
- прошедшие инструктаж, обучение и проверку знаний по охране труда;
- не имеющие медицинских противопоказаний.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

9.11 Пожарная безопасность

Пожарная безопасность оборудования должна быть обеспечена в соответствии с требованиями настоящих стандартов, ГОСТ 12.1.004, ГОСТ 12.1.018, ГОСТ 12.2.007.0, ПУЭ, ПТЭ, и ПТБ, СНиП 3.05.06, СНиП 3.05.07. С учётом этих показателей выбран тип исполнения, вид взрывозащиты электрооборудования и степень его защиты от пыли и влаги.

Для обеспечения пожарной безопасности объекта, где предполагается установка электропривода необходимо использовать мероприятия пожарной профилактики:

- организационные (инструктаж персонала, разработка плана эвакуации и т.д.);
- технические (устройство не горючих перегородок);
- режимные (курение в специальных местах);
- эксплуатационные (профилактические осмотры).

9.12 Контроль выполнения требований безопасности

Контроль за выполнением требований безопасности при эксплуатации манипулятора возлагается на должностные лица в соответствии с правовыми и нормативными документами по созданию безопасности и нормальных условий труда.

9.13 Безопасность при чрезвычайных ситуациях

При возникновении ЧС необходимо:

- 1) отключить электропитание робота;
- 2) выполнить предписание должностных инструкций;
- 3) покинуть здание и поступить в распоряжение начальника ГО и ЧС.

9.14 Экологическая безопасность исходных материалов

Одним из экологических показателей является экологическая безопасность исходных материалов и веществ, входящих в конструкцию оборудования. При изготовлении и эксплуатации электропривода выполнены все нормативные природоохранные требования. В конструкции манипулятора применены безопасные и экологичные в соответствии со стандартами ССБТ и охраны окружающей среды, сертифицированные материалы и вещества, прошедшие 1 гигиеническую проверку и проверку на пожароопасность.

Вывод: в проекте разработан комплекс организационных, технических и других мероприятий, направленных на обеспечение безопасности труда с соблюдением требований ГОСТ, СНиП позволит считать данный проект относительно безопасным и экологичным.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте ставилась задача разработки системы управления промышленного робота-манипулятора «Электроника НЦ ТМ–01» для включения его в состав мобильного комплекса.

Во время разработки производилась замена проводки, датчиков, пневматических трубок. Затем проводился демонтаж устаревших пневмораспределителей для установки на их место платы управления.

Произведена модернизация механической части на модели в пакете SolidWorks.

После подготовительных работ была осуществлена установка диска для поворотной оси вращения манипулятора.

Разработана функциональная схема, исходя из которой составлена принципиальная схема. На основе принципиальной схемы и требуемых характеристик выбраны элементы системы управления.

Далее была составлена схема логики управления роботом, на основе которой доработана управляющая программа на языке C++. После загрузки программы на плату управления была произведена отладка программного кода и настройка оборудования.

Выполнены исследования на инертность и скоростные характеристики манипулятора.

Разработано учебно-методическое пособие на основе исследований, произведённых ранее.

Осуществлено технико–экономическое обоснование проекта. Рассчитаны все расходы при модернизации робота, которые показывают, что основными затратами является приобретение аренда помещения и оплата труда.

Безопасность жизнедеятельности и экологичность проекта соответствует всем нормам и стандартам, установленным в Российской Федерации. При работе персонала с манипулятором имеются электрические и противопожарные системы безопасности, а также средства защиты, оповещения и предупреждения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Промышленные роботы манипуляторы [Электронный ресурс] : статья о видах конструкций промышленных роботов манипуляторов / Электрон. журн. – Режим доступа: <http://www.robo24.ru/promyshlennye-roboty.html>.
- 2 Проекты с использованием контроллера Arduino. 2-е изд. Петин В.А. 2015 год.
- 3 Робототехнические мехатронные системы. Егоров О.Д., Подураев Ю.В., Бубнов М.А. 2015 год.
- 4 Make: Making Simple Robots. Kathy Caceri. 2015 год.
- 5 Андре П., Кофман Ф. Конструирование роботов: пер. с франц. – М.: Мир, 1996. – 124 с.: ил.
- 6 Фролова К., Воробьева Е. Механика промышленных роботов – М.: Мир, 1997. – 175 с.: ил.
- 7 Фомин А. Датчики систем управления – Спб.: Датчики систем управления, 1997. – 225 с.: ил.
- 8 Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности СТО 4.2–07–2012 Красноярск 2012.
- 9 ГОСТ Р 7.0.12-2011. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов и словосочетаний на русском языке. Общие требования и правила.
- 10 Cad/Cam решения компании Delcam [Электронный ресурс] : Статсья о приложении Delcam for Solidworks – Режим доступа: <http://www.delcam.com/software/delcam-for-solidworks/index.asp>.
- 11 Matlab и Simulink [Электронный ресурс]: Matlab Toolbox – Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru>.
- 12 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. Введ. впервые; дата введ. 30.06.2003. – М: Стандартинформ, 2003. – 39 с.
- 13 СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату помещений.
- 14 Организация производства и менеджмент: Курс лекций / Л. И. Канафодская. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2004. – 140 с.
- 15 Безопасность и экологичность проекта: метод. указания / сост.: Т. В. Игнатенко. – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – 40 с.
- 16 Федеральный закон № 123 от 22.07.2008 г. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.
- 17 СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение. Введ. впервые; дата введ. 1.01.1996. – М: Стандартинформ, 1998. – 39 с.
- 18 СНиП 21-01-07 Пожарная безопасность зданий и сооружений. Введ. впервые; дата введ. 30.06.2007. – М: Стандартинформ, 2003. – 32 с.
- 19 Пневматические устройства и системы в машиностроении – Е.В. Герц.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

20 Аппаратная платформа Arduino [Электронный ресурс]: Статсья по программированию Arduino – Режим доступа: <http://arduino.ru/>.

					БР – 15.03.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79